

**Řídící ústrojí vozidla a jeho vybrané parametry**  
Vehicle Steering System Parameters

Autor práce:

Jiří Mikuda

Vedoucí práce:

Ing. Michal Richtář, Ph.

Ostrava 2019/2020

# Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Mikuda**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2301R003 Dopravní technika a technologie  
Téma: **Řídicí ústrojí vozidla a jeho vybrané parametry**  
**Vehicle Steering System Parameters**  
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Cílem práce je analýza řídicího systému vozidla a srovnání parametrů tohoto systému.

Postup řešení:

1. Úvod.
2. Legislativní rámec.
3. Teoretický rozbor problému.
4. Experimentální měření.
5. Zhodnocení a doporučení.
6. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

MATĚJKA, R. Vozidla silniční dopravy I. 2. vydání. Bratislava: Alfa, 1990. 224 s. ISBN 80-05-00392-7.  
VLK, F. Dynamika motorových vozidel. 2. vydání. Brno: VLK, 2003. 432 s. ISBN 80-293-0024-2.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Richtář, Ph.D.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



prof. Ing. Aleš Slíva, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.  
děkan fakulty

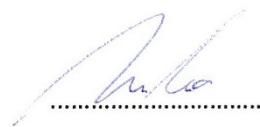
**Poděkování:**

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Michalovi Richtáři, za pomoc a konzultaci při tvorbě bakalářské práce, rovněž všem osobám, které zapůjčili své osobní vozidlo k řadě měření, poskytnutí potřebných údajů a následné analýze.

**Místopřísežné prohlášení studenta:**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18.05.2020



**Podpis studenta**

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

Mikuda, J. Analýza vybraných parametrů řídicího ústrojí vozidla

Ostrava: VŠB – Technická Univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2020, 38st.

Vedoucí práce: Ing Michal Richtář Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá analýzou vybraných parametrů řídicího ústrojí vozidla. Úvodní část této práce se zabývá terminologií, která stručně charakterizuje části směrového řídicího ústrojí. V následujícím textu je uveden popis vývoje, konstrukce a postup měření s měřícím přístrojem. Hlavní problematika a měření je zpracována v bakalářské práci a přílohách, kde jsou uvedeny vybrané specifikace vozů a naměřené hodnoty. Tyto data jsou dále zpracovávány a analyzovány. V přílohách se nachází výkres sestavy měřícího přístroje. Závěrem této práce je vyhodnocení a analýzy parametrů řídicího systému.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

Mikuda, J. Analysis of selected parameters of vehicle steering systems

Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2020, 38st.

Thesis Head: Ing Michal Richtář Ph.D.

Target of present bachelor thesis is analyse of vehicle's Steering System parameters. First part of thesis is briefly describing the vehicle Steering System terminology. In following text is described evolution, construction and measurement steps with used measure tool. The main content and measurement itself is presented in this bachelor thesis together with attachments contains vehicle specifications and measured values. In next steps are these data analyzed and evaluated. An assembly drawing of measurement device is also attached to this work. In conclusion is evaluation of measured parameters of driving mechanism.

# Obsah

|  |    |
|--|----|
| System využitých značek a symbolů .....                | 6  |
| 1 Úvod .....   | 7  |
| 2 Legislativní rámec.....                              | 9  |
| 2.1 Definice .....                                     | 9  |
| 2.2 Všeobecná ustanovení .....                         | 11 |
| 2.3 Zvláštní ustanovení .....                          | 11 |
| 2.4 Ustanovení pro zkoušky .....                       | 12 |
| 3 Řídící ústrojí a geometrie .....                     | 13 |
| 3.1 Geometrie řízení kol.....                          | 13 |
| 3.2 Mechanismus řízení .....                           | 16 |
| 3.2.1 Převodka řízení.....                             | 17 |
| 3.2.2 Spojovací a řídící tyče, klouby řízení .....     | 21 |
| 3.2.3 Posilovače řízení.....                           | 22 |
| 3.2.4 Hřídel volantu.....                              | 23 |
| 4 Měřicí přístroj.....                                 | 24 |
| 4.1 Vývoj, výroba a popis měřicího přístroje .....     | 25 |
| 4.2 Postup měření a zapsání naměřených hodnot .....    | 26 |
| 4.3 Kontrola měřidla a tabulka naměřených hodnot.....  | 29 |
| 5 Analýza .....  | 30 |
| 5.1 Porovnání generací vozidel Škoda Octavia .....     | 30 |
| 5.2 Speciální zjištění z měřených hodnot vozidel ..... | 31 |
| 5.3 Srovnání vozidel podle kategorie.....              | 34 |
| 6 Závěr.....   | 36 |
| Seznam zdrojů .....                                    | 37 |

## **Systém využitých značek a symbolů**

EHK – Evropská hospodářská komora

ES – Evropské společenství

4WS – (four wheel steering) systém natáčení zadních kol společně s předními.

M1 – motorové vozidlo, které má nejméně čtyři, mají nejvýše osm míst k přepravě osob kromě místa řidiče

MPV – (multi-purpose vehicle) – víceúčelové vozidlo podobné mini dodávce, které je však určeno hlavně pro převážení osob.

SUV – (sport utility vehicle) sportovně užitkové vozidlo pro kombinované jízdní vlastnosti v terénu a na silničních komunikacích

EPAS - (Electrical Power Assisted Steering) řízení s elektrickým posilovačem

EPS - (Electric Power Steering) elektrický posilovač řízení

LK – levé přední řízené kolo

PK – pravé přední řízení kolo

$i_{\omega}$  – úhlový převodový poměr

# 1 Úvod

V této bakalářské práci se zaměřuji na získání a analýzu vybraných parametrů řídicího ústrojí z osobních vozidel kategorie M1, která je charakterizována maximálním obsazením do 9 osob a maximální přípustnou váhou vozidla do 3,5 tuny. Jednou z nejdůležitějších úkonů vozidla je změna směru jízdy za pomoci natočení kol do daného směru. Řídicí ústrojí vozidla je tedy velmi důležité pro zatáčení, ale také k udržení vozidla v přímém směru jízdy. V mé práci bych vás chtěl seznámit se základní legislativou řídicího ústrojí a definicí hlavních částí tohoto ústrojí. V kapitole č.3 si vysvětlíme základní geometrii řízení kol a soustavu řízení vozidla. Dále si popíšeme základní rozdělení řízení zaměřená na kategorii M1, kde se nejčastěji využívá hřebenové řízení a popíšeme si základní části řídicího systému.

V historii je za první automobil se spalovacím motorem považována tříkolka Karla Benze, který dostal patent na spalovací tříkolku roku 1886. Řízení tříkolky bylo tehdy velmi jednoduché, protože bylo tvořeno jednoduchou hřebenovou převodkou řízení a řídicí tyčí s čepem. Ovládání bylo však jiné, protože v této době neexistoval ještě dnes běžný volant a ovládání bylo podobné jak u vodního člunu. Volant se objevil až v roce 1894, když ho poprvé Alfred Vacheron použil místo „pádlového“ ovládání na Pařížském závodě. Ovládání bylo na tolik dobré, že do konce století měli tento systém skoro všechny vozy. Postupem času se rotační pohyb volantu a jeho přenos na příčnou sílu zdokonaloval. Vznikaly nové druhy převodek řízení pro lepší přenos sil a pohodlí v ovládání vozidla. V roce 1951 se na trhu objevil první posilovač řízení, který se stal jedním z nových revolučních částí řízení a v dnešní době by se jen málo kdo bez něj obešel. Především potom u těžších a nákladních vozidel. Postupem času se k mechanickému systému řízení přizpůsobovala i elektronická zařízení, která například nahrazují hydraulické a pneumatické posilovače, nebo je pomocí řídicí jednotky ovládají. Trendem v dnešní době jsou vozidla, která se sama řídí a to za pomoci mnoha čidel a softwarů. Například Autonomní řízení, nebo parkovací asistent, kde ovládací síla řidiče je nahrazuje elektromotorem vyvíjející potřebný moment. S vývojem vozidel se měnily, zdokonalovaly a přizpůsobovaly systémy řízení pro lepší stabilitu vozu v přímém směru, ale hlavně pro vjezd vozidel do zatáčky. Správná geometrie a řídicí ústrojí musí zabezpečit bezpečný průjezd zatáčkou. V dnešní době se u normálních sériových vozidel a hlavně u sportovních vozidel řeší k průjezdům v zatáčkách také vliv aerodynamiky, odstředivé síly, geometrie kol a dalších aspektů. Řídicí ústrojí je i tak jedním z nejdůležitějších částí vozidla.

V mé práci se chci kvůli důležitosti řízení zaměřit na vybrané parametry řídicího ústrojí vozidla. V přístupných textech specifikací vozidel není mnoho informací o řídicím ústrojí, nebo o poměru natočení kol k natočení volantu. Z tohoto důvodu uskutečňuji tato měření. Nejdůležitějším sledovaným aspektem řízení je úhel rejdu kola a úhel natočení volantu. Pro

následující analýzy se zaměřuji na změření maximálních úhlů rejdu předních kol a maximálních úhlů natočení volantu do daného směru. Dále také uskutečňuji měření postupného natočení volantu do daného úhlu, sleduji a zapisuji daný úhel rejdu kola. Tímto se snad bude moct určit proměnlivost převodu hřebenové převodky řízení.

Měřená vozidla jsou s platnou a ověřenou technickou kontrolou. Po konzultaci s majiteli vozidel jsem ověřoval správnost seřízení geometrie kol. Specifikace měřených vozidel bude obsahovat značku vozidla s obchodním názvem, motorizaci, rok výroby, počet najetých kilometrů, velikost disků, typ vozidla podle kategorie, uvedení hnací náprav, velikost rozvoru a rozchodu a průměr otáčení karosérie vozidla.

Pro toto měření jsem navrhl a zkonstruoval měřící přístroj, kde za pomoci pákoví se natáčí hlavní lišta kolem osy měřidla a přímo ukazuje na úhlové stupnici daný úhel rejdu kola. Ten se odvíjí podle úhlu natočení volantu. Toto měřidlo bylo vyrobeno za domácích podmínek a kompletní popis výroby a postupu měření je uveden v kapitole č.4. Naměřené hodnoty jsou přepisovány do tabulkového programu Excelu. Z důvodu koronaviru a nouzového stavu jsem mohl změřit pouze část vozidel. Původně jsem měl v úmyslu změřit alespoň 50 vozidel, z toho alespoň 8 vozidel z každé kategorie (sedan/combi, hatchback, coupe/roadster, MPV, SUV). Z výše uvedených důvodů pracuji jen s daty, které jsem získal z doby před nouzovým stavem. V průběhu nouzového stavu další měření již nebylo být prováděno kvůli karanténnímu nařízení.

Z naměřených hodnot jsem vyhotovil aritmetické průměry, které byly použity pro další zpracování. Z maximálních úhlů rejdu kola a natočení volantu jsem vypočetl úhlový převodový poměr pro každé kolo. Tento poměr je zásadní pro mou analýzu. Ze specifikací vozidel volně uvedených na internetu jsem si našel průměr otáčení karosérie, který byl poté společně s velikostí úhlu rejdu a rozvorem analyzován.

Ze seznamu vozidel jsem si zaprvé vybral oblíbený vůz českého národa Škoda Octavia combi, kde jsem změřil parametry všech dostupných generací vozů a v kapitole 5.1 je porovnal. V další kapitole 5.2 jsem si připravil srovnání dvou vozidel s jejich zachovalými a identickými kopiemi. První vozidlo BMW 3- série je srovnán sedan s chybou v řízení, u kterého se našla velká rozlišnost úhlu rejdu kola mezi pravou a levou stranou. Tento chybný vůz byl porovnán se stejným vozidlem kategorie sedan. Dále jsem srovnal tyto vozy se stejným vozidlem, ale z kategorie coupe. Druhé vozidlo Nissan 350Z je srovnán se stejným vozidlem s tím rozdílem, že tento vůz má úmyslně zvětšené úhly rejdu za pomoci přidavné konstrukce. Posledním bodem mé analýzy je srovnání vozidel podle jejich kategorie. Vozidla nejsou porovnávána podle roku, z důvodu koronaviru a malého množství změřených vozidel.



## 2 Legislativní rámec

Silniční vozidla všech kategorií pohybujících se po veřejných silničních komunikacích jsou řízeny legislativou pro silniční dopravu a vozy musí splňovat požadavky na homologaci, která vyplývá z předpisu 42/1996 Sb. Konstrukce silničních vozidel, která vychází z předpisů s přílohami vydané Evropskou hospodářskou komorou EHK a Evropským společenstvím ES. Tyto předpisy přesně definují požadavky na bezpečnost a konstrukci silničního vozidla pro provoz na pozemních komunikacích. Vyhláška č. 341/2014 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích upřesňuje postup při schvalování výroby silničního vozidla.

Vyhláška 70/311/EHS\*1999/7/ES píše o sblížování právních předpisů členských států týkajících se mechanismu řízení motorových, přípojných vozidel a obsahuje základní technické směrnice aplikované ve státní správě ČR. Vyhláška dále zahrnuje pozdější vyhlášky 92/62/EHK, 1999/7/ES a jejich obsažené změny k přizpůsobení směrnice 70/311/EHS technického pokroku. Následující stránky se týkají základních definic, podmínek a požadavků na mechanismus řízení, které jsou vypsány z této směrnice ve zkrácené formě, ale bez změny jejich významu. Ze směrnice byli vypsány jen informace, které se vážou na motorová vozidla kategorie M1. Článek 1 definuje pojem „vozidlo“, čímž se rozumí jakékoliv vozidlo, které pro tuto směrnici je definováno v článku 2 směrnice 70/156/EHS. [7]

### 2.1 Definice

Definovat mechanismus řízení můžeme, jako ovládací orgán řízení, převod řízení, řízená kola a přívod energie. Tyto části jsou zásadní pro správný a spolehlivý chod řízení a je potřeba dbát na bezpečnost. „Mechanismus řízení“ je celek zařízení, jehož účelem je určen směr pohybu vozidla a je tvořen ovládacím orgánem řízení, převodem řízení, řízenými koly a přívodem energie, pokud jím je mechanismus vybaven. „Ovládacím orgánem řízení“ je část mechanismu řízení, který ovládá jeho činnost. Ovládání může být přímé za pomoci řidičovy síly anebo bez jeho přímého působení a pokud jsou u mechanismu řízení řídicí síly vyvozeny plně nebo částečné svalovým úsilím řidiče, tak všechny části k bodu, kde je ovládací síla přeměněna mechanickým, hydraulickým nebo elektrickým zařízením a jsou částmi ovládacího orgánu řízení. „Převodem řízení“ jsou všechny části mechanismu řízení, které přenáší řídicí sílu mezi řídicím orgánem řízení a řízenými koly. Všechny části za bodem, kde je ovládací síla přeměněna mechanickým, hydraulickým a elektrickým zařízením jsou částmi převodu řízení. „Řízená kola“ jsou definovaná polohou vzhledem k podélné ose vozidla, kde mohou být měněna přímo nebo nepřímo za účelem změny směru pohybu vozidla. „Přívodem energie“ se rozumí části mechanismu řízení, která zásobují, ovládají a popřípadě zpracovávají a akumulují energii. Přívod energie zahrnuje i zásobníky pro

provozní médium a zpětná vedení, ale motor vozidla nezahrnuje. Mezi přívod energie tedy patří zdroj energie, zásobník energie a zásobní nádržka. „Zdrojem energie“ můžeme definovat jako část přívodu energie dodávaná formou hydraulického čerpadla, nebo vzduchového kompresoru. „Zásobníkem energie“ rozumíme, že je to část v níž je akumulovaná dodaná energie ze zdroje energie a „zásobní nádržku“ můžeme definovat, jako část v níž je uložené provozní médium (kapalina, nebo vzduch) při atmosférickém tlaku nebo jeho blízké hodnotě.

### **Parametry řízení:**

„Ovládací síla“ je definovaná, jako síla která působí na ovládací orgán řízení za účelem řízení vozidla a „dobou řízení“ je doba od okamžiku začátku pohybu ovládacího orgánu řízení, až do okamžiku, kdy řízená kola se vytočila do určeného úhlu rejdu. „Úhel rejdu kola“ je úhel mezi svislým průmětem podélné osy vozidla a průsečnicí roviny kola. „Řídící síly“ jsou všechny síly působící v převodu řízení a „středním převodovým poměrem řízení“ je poměr úhlového natočení ovládacího orgánu řízení ke střední hodnotě úhlu rejdu obou krajních poloh řízených kol. „Jmenovitý poloměr ovládacího orgánu řízení“ je nejkratší vzdálenost u volantu od osy otáčení k vnějšímu okraji volantu, což znamená vzdálenost od působíště ovládací síly směrem k ose otáčení volantu.

### **Mechanismus řízení:**

Motorová vozidla můžeme rozdělit do dvou druhů mechanismů a to do ručního mechanismu řízení, kde řídící síly vyvolávají pouze působící svalové síly řidiče na volant a mechanismus řízení s posilovačem, kde řídící síly jsou vyvolány svalovou silou řidiče a z přívodů energie. Samořízený mechanismus je navrhnutý pro změnu úhlu rejdu kol, když na tento systém působí síly nebo momenty působící na pneumatiku stykem s vozovkou. Mechanismus řízení se dá dělit i co se týče uspořádání řízených kol jestli jde o mechanismus řízení předních kol, který je u kategorie M1 nejběžnější anebo také mechanismus řízení zadních kol, které můžeme vidět spíše u speciálních nákladních vozidel, nebo mechanismus řízení všech kol, které dělala například automobilová firma Honda s označením 4WS. Ve vyhlášce můžeme najít ještě další tři druhy mechanismů řízení více kol. [7]

### **Převod řízení:**

Převod řízení můžeme dělit podle způsobu přenosu řídící síly na mechanický převod řízení, kde přenos řídící síly se přenáší pouze mechanicky, nebo hydraulickým převodem, kde se hydraulickým způsobem přenáší řídící síly jen v určité části převodu. Dalším druhem převodu řízení je elektrický převod řízení, kde se elektrickým způsobem přenáší řídící síly jen v určité části převodu a hybridní mechanismus převodu řízení, kde se část řídících sil přenáší pouze mechanickým způsobem a další část buď hydraulickým, hydraulicko-

mechanickým, elektrickým, mechanicko-elektrickým, pneumatickým nebo mechanicko-pneumatickým způsobem.

## **2.2 Všeobecná ustanovení**

1. Mechanismus řízení musí zajišťovat snadné a bezpečné ovládání motorového vozidla až do jeho nejvyšší konstrukční rychlosti. Musí mít tendenci k samo středění při zkouškách a musí splňovat všechny požadavky pro motorové vozidlo. Musí být možné jet na přímém úseku silnice bez neobvyklých korekcí řízení řidičem a bez neobvyklých vibrací pro nejvyšších konstrukčních rychlostech vozidla. Musí být časově synchronizován mezi ovládáním řízení a řízenými koly, což neplatí pro řízená kola s pomocným mechanismem řízení.
2. Mechanismus řízení musí být navrhnout, konstruován a nainstalován takovým způsobem, aby dokázal odolávat namáháním vzniklým při normálním provozu vozidla. Maximální úhel rejdu kol nesmí být omezován žádnou částí převodu řízení, pokud není navrhnout přímo k tomuto účelu. Předpokládá se, že pro účely této směrnice nemůže v mechanismu řízení nastat současně více než jedna porucha, pokud není stanoveno jinak.
3. Zastaví-li se motor nebo dojde k selhání části mechanismu řízení, musí mechanismus řízení nadále splňovat dané podmínky a požadavky na ovládací sílu řízení.
4. Pro účely této směrnice se řízená kola, ovládací orgán řízení a všechny mechanické části převodu řízení nepokládají za části náchylné k poruše, pokud jsou správně dimenzovány, snadno přístupné pro údržbu a mají bezpečnostní charakteristiky nejméně takové, jako jiné podstatné předepsané části vozidla.
5. Jiná než mechanická porucha v převodu musí zřetelně upoutat pozornost řidiče vozidla. U vozidla se zvýšení ovládací síly, se považuje za výstražný signál.

## **2.3 Zvláštní ustanovení**

### **Ovládací orgán řízení:**

Ovládací orgán řízení je ovládán přímo řidičem a musí být snadno ovladatelný a směr působení na ovládací orgán řízení musí souhlasit se zamyšlenou změnou směru vozidla. V mechanismu řízení musí být plynulý a monotónní vztah mezi úhlem natočení ovládacího orgánu řízení a úhlu rejdu kol s výjimkou pomocného mechanismu řízení. [7]

### **Převod řízení:**

Zařízení k seřízení geometrie řízení musí být takové, aby po seřízení mohlo být mezi seřiditelnými částmi zajištěno tvarové spojení vhodnými zajišťovacími zařízeními. Převody řízení, které mohou být rozpojeny, aby umožnily různé konfigurace vozidla, musí mít

zajišťovací zařízení, která zajišťují uvedení částí tvarové do správné polohy. U automatických zajištění musí být přídavná ovládací bezpečnostní pojistka.

#### **Řízená kola:**

Zadní kola nesmí být jedinými řízenými koly, tyto požadavky neplatí pro návěsy.

#### **Přívod energie:**

Stejný zdroj energie může být použit k napájení mechanismu řízení a brzdového zařízení. V případě poruchy buď přívodu energie, nebo poruchy v jednom z obou systémů musí být splněny podmínky. Pokud kapalina v zásobní nádrži klesne na úroveň, která může způsobit zvýšení ovládací síly potřebné pro řízení nebo brždění, musí být dán řidiči akustický nebo optický výstražný signál, který může být kombinován se zařízením pro výstrahu při poruše brzd. Správná funkce musí být snadno ověřitelná řidičem. Výstražná zařízení musí být stále zapojená do okruhu při normálních podmínkách a nejsou-li žádné závady v mechanismu řízení, nesmí výstražné zařízení vydat signál, když motor běží už nějakou dobu po nastartování.

## **2.4 Ustanovení pro zkoušky**

Zkoušky se vykonávají na rovném povrchu s dobrou adhezí. Vozidlo při zkouškách je naloženo na maximální technickou přípustnou hmotnost a na maximální technické zatížení na řízenou nápravu, či nápravy. Před zahájením zkoušky musí být pneumatiky nahuštěny jak je předepsáno výrobcem pro maximální zatížení vozidla při stání. Motorové vozidlo musí být možné vyjet z oblouku s poloměrem 50 m po tečně, bez neobvyklých vibrací v mechanismu řízení při rychlosti 50 km/h pro vozidlo kategorie M1. Jede-li vozidlo konstantní rychlostí 10 km/h se svými řízenými koly přibližně v polovině plného rejdu kol, musí zůstat kruh otáčení vozidla stejný nebo se zvyšovat, je-li ovládací orgán řízení uvolněn. Pro zkoušky jsou vytvořeny požadavky pro neporušený mechanismus řízení a pro mechanismus s poruchou. [7]

*Tab. 1 parametry mechanismu řízení při bezporuchovém a poruchovém stavu*

| Kategorie vozidla | NEPORUŠENÝ MECHANISMUS        |         |                      | MECHANISMUS S PORUCHOU        |         |                      |
|-------------------|-------------------------------|---------|----------------------|-------------------------------|---------|----------------------|
|                   | Maximální ovládací síla (daN) | Čas (s) | Poloměr zatáčení (m) | Maximální ovládací síla (daN) | Čas (s) | Poloměr zatáčení (m) |
| M1                | 15                            | 4       | 12                   | 30                            | 4       | 20                   |

### 3 Řídicí ústrojí a geometrie

#### 3.1 Geometrie řízení kol

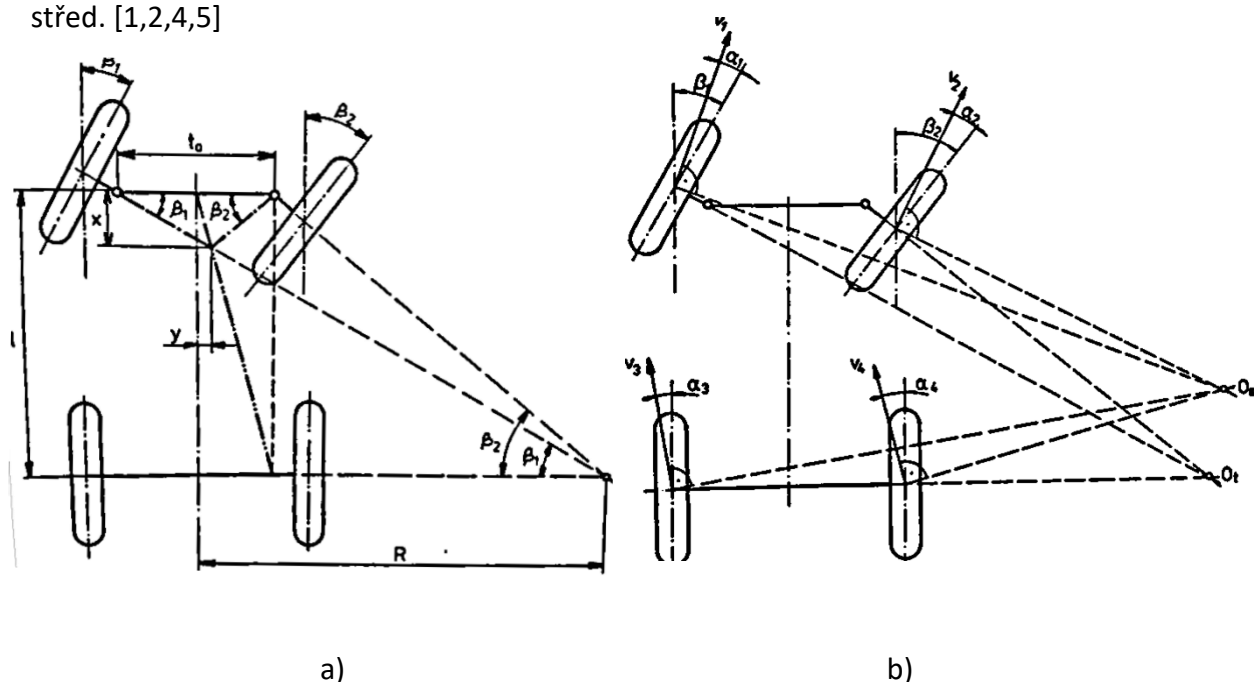
Pro ovladatelnost vozidla jsou dány nároky na vlastnosti řízení, jako jsou stabilita, citlivost, nedotáčivost, přetáčivost a řiditelnost, které by měli být vždy dodrženy. Abychom vyhověli těmto vlastnostem musíme zajistit správné nastavení geometrie kol a tím zajistíme správné odvalování kol a nikoliv smýkání pneumatik při průjezdu zatáčkou a v přímém směru. Směrová stabilita je schopnost při vlivech menších vnějších sil udržet daný směr jízdy.

**Dobré jízdní vlastnosti zajistí správné nastavení odchylek:**

- Vůle volantu
- Geometrie stopy kola
- Odklon kola
- Sbíhavost, rozbíhavost, souběh
- Příklon a záklon rejdového čepu
- Úhel rejdu a diferenční úhel

Z Ackermannovy geometrie řízení pro pomalou jízdu a tuhá kola předpokládáme, že kola jsou nepoddajná a osy kol při natočení do rejdu se protínají v jednom bodě na prodloužené ose zadní nápravy, čímž je dán i poloměr otáčení jednotlivých kol.

Ve skutečnosti vznikají vlivem odstředivé síly a pružností pneumatik na všech kolech úhly směrových úchylek  $\alpha_i$  a skutečný střed  $O_s$  může ležet jinde než teoretický Ackermannův střed. [1,2,4,5]



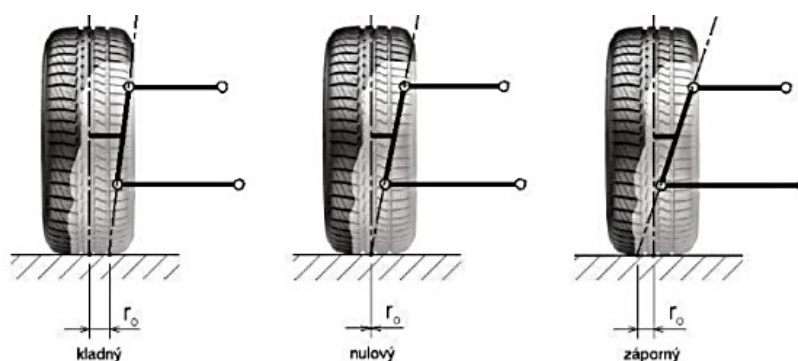
Obr. 3.1 a) Ackermannova geometrie, b) Skutečná geometrie

### Úhel rejdu:

Úhel mezi svislou rovinou vozidla a průsečíkem střední roviny kola a rovinou vozovky.

### Poloměr rejdu:

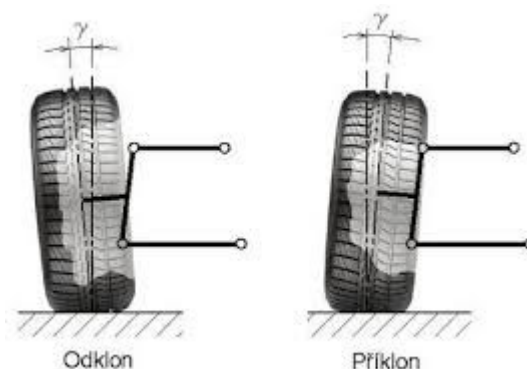
Vzdálenost mezi průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky a středu styku pneumatiky, promítnutá do roviny rovnoběžné s příčnou rovinou vozidla. Záporný poloměr rejdu má stabilizující účinek na řízení.



Obr. 3.2 Poloměr rejdu

### Úhel odklonu kol:

Sklon střední roviny kola vůči svislé ose vozidla. Úhel se nazývá kladným, pokud se kolo naklání vrchem směrem ven a záporně, jestliže se naklání vrchem směrem dovnitř. Kladný odklon se využívá při uvažovaném nakládání vozidla, aby se pneumatiky odvalovaly po mírně klenuté vozovce kolmo a vznikalo stejné opotřebení. Pro lepší boční vedení pneumatik v zatáčkách se volí nulový úhel anebo záporný pro více zatížené stavy. [2,3,4,5]



Obr. 3.3 Úhel odklonu a příklonu kola

**Příklon rejdové osy:**

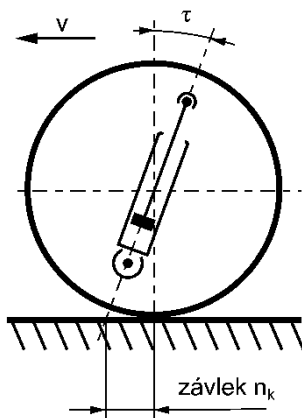
Průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí roviny rovnoběžné s příčnou rovinou vozidla. Příklon rejdové osy při zatáčení vozidla zvedá přední nápravu a poté vzniká samočinný účinek vrácení řízení kol do polohy pro přímou jízdu vozidla.



Obr. 3.4 Příklon rejdové osy

**Záklon rejdové osy:**

Průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí do roviny rovnoběžné s podélnou rovinou vozidla. Za kladný záklon se bere, když je rejdová osa skloněná vzad a záporně, je-li skloněná vpřed (předklon). Závlek je vzdálenost mezi průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky a středem styku pneumatiky, promítnutá do roviny rovnoběžné s podélnou rovinou vozidla.



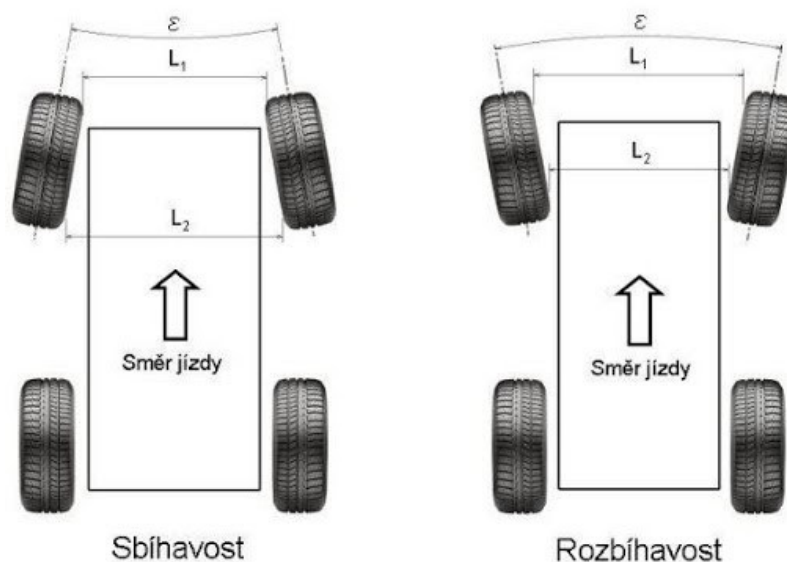
Obr. 3.5 Záklon rejdové osy

**Diferenční úhel:**

Diferenční úhel, který svírá podélnou osu vozidla a geometrickou osou. Geometrická osa se liší od osy symetrie, když osa zadní nápravy není kolmá na podélnou osu symetrie vozidla. To vzniká, když zadní náprava má šikmé posazení a to způsobuje, že vozidlo nejede přímě ale suvně neboli bokem. Toto posazení má negativní vlivy na opotřebení pneumatik a jízdních vlastností vozidla, které musí být následně kompenzovány natočením řídicích kol.

### Úhel sbíhavosti:

Průmět úhlu mezi podélnou osou vozidla a střední rovinou kola do roviny vozovky. Sbíhavé kola jsou, jestliže přední část kol je nakloněna směrem k podélné ose vozidla a rozbíhavé je-li přední část odkloněna. Sbíhavost předních kol způsobuje při přímé jízdě paralelní odvalování kola. Úhel sbíhavosti má podobný účinek jako úhel směrové odchylky pneumatiky.



Obr. 3.6 Úhel sbíhavosti a rozbíhavosti

### 3.2 Mechanismus řízení

Mechanismus řízení zajišťuje přenos rotačního pohybu do rejdového ústrojí a zajišťuje rozdílný úhel natočení vnitřního a vnějšího kola při průjezdu zatáčkou. Důležitou vlastností mechanismu řízení je zvýšit točivý moment vhodným převodem a tím zmenšit ovládací sílu na volant. Převod nám zajišťuje převodka řízení a dalším ústrojím pro razantní zmenšení ovládací síly je posilovač řízení. Celý mechanismus se pak skládá z části měnící a přenášející ovládací sílu. Přenos ovládací síly pak zajišťují hřídele, páky, táhla, tyče a klouby. [2,3,4,5]

#### Způsoby ovládání řízení:

- Přímé, kde potřebná síla pro ovládání řídicího ústrojí je vykonávána pouze působením řidičovy síly na volant
- Nepřímé, kde řidičova síla je posílněna o posilovací ústrojí



**Popis dílů řízení:**

- Volant – obvykle kruhový člen, na který je vyvíjena ovládací síla
- Hřídel volantu – kloubová hřídel opatřená výsuvným členem pro nastavení a výšky
- Převodka řízení – měnič otáčivého pohybu volantu na natočení kol do rejdu
- Posilovač řízení – člen snižující potřebnou ovládací sílu působící na volant
- Kulové klouby – kloubové spojení jednotlivých dílů mechanismu řízení
- Spojovací a řídící tyče – spojovací tyče u nezávislého zavěšení kol

**3.2.1 Převodka řízení**

Převodka řízení zajišťuje převod mezi rotačním pohybem a posuvem ozubené tyče, nebo vychýlením táhlem řízení, proto můžeme převodku rozdělit na dvě skupiny a to s posuvným pohybem a otáčivým pohybem. Převodka řízení musí také zajistit zvýšení točivého momentu, který vzniká působením řidičovy síly na volant. Převod kol není stejný v celém rozsahu natočení kol a mění se s jejich úhlem natočení. U přímé jízdy je převod větší než u rejdu s maximálním natočením kola, kde se převod naopak zmenšuje. Při čím dál menším převodu se kola natácejí s větším vychýlením a menším úhlem natočení volantu. Převodka řízení je tedy jedna z nejdůležitějších částí celého řídícího ústrojí vozu, bez které by ostatní části neměli žádný smysl.

**Obvyklé parametry:**

- Ovládací síla na volantu by neměla překročit pro třídu vozidel M1 200 N.
- Převod činí u osobních automobilu  $i = 19$ , u užitkových až  $i = 36$ .

**Převodový poměr:**

Převodovým poměrem v převodce řízení rozumíme poměr mezi úhlem natočení volantu a úhlem natočení kol do rejdu. Tento poměr převodu je jedním z hlavních analýz celé bakalářské práce. [2,3,4,5]

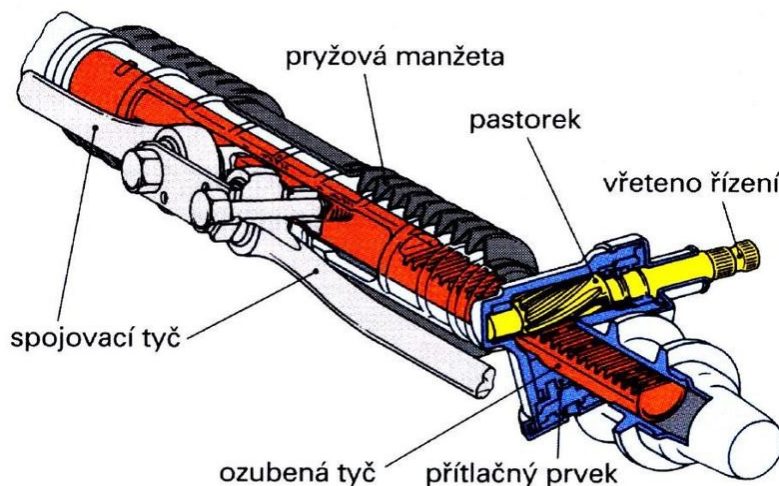
**Druhy převodek řízení:**

- Hřebenové
- Maticové
- Šnekové

## Hřebenová převodka řízení (mechanická):

Pastorek umístěný na hřídeli volantu, který je uložen ve skříni řízení, zabírá šikmým ozubením do ozubení hřebenové tyče. Hřebenová tyč je stále přitlačným prvkem pomocí talířové pružiny přitlačována bez vůle k pastorku. Rotací pastorku dochází k axiálnímu posunu hřebenové tyče a otočí těhlici přes spojovací tyče, páky a čep nápravami kol vozidla.

Výhodami hřebenové převodky řízení je přesnost řízení, je konstrukčně jednoduché a bez nároku na seřizování. Nevýhodou je přenos rázu do řízení. Nejrozšířenější převodka řízení.



Obr. 3.7 Hřebenová převodka řízení

### Rozdělení převodu:

- Stálý převod
- Proměnný převod

**Stálý převod** má rozteč zubů na celé ozubené tyči stejně velkou a převodový poměr se nemění v celém rozsahu hřebene.

**Proměnný převod** u mechanických převodek řízení bez posilovacího členu. Převod je vytvořen tak, že řízení v oblasti menšího vychýlení působí na posun hřebenové tyče více než při velkých vychýleních. [2,3,4,5]

## Maticová převodka řízení:

Tento typ řízení výrazně tlumí rázy kol, ale je měkčí a mívá větší vůle v převodu. Tento způsob funguje díky šroubu, který koná rotační pohyb a matici, která vykonává pohyb posuvný, čímž ovládá ozubený segment anebo hlavní řídící páku. Tento typ se využívá u menších nákladních vozů, nebo se používal u starších vozů, jako je například Škoda

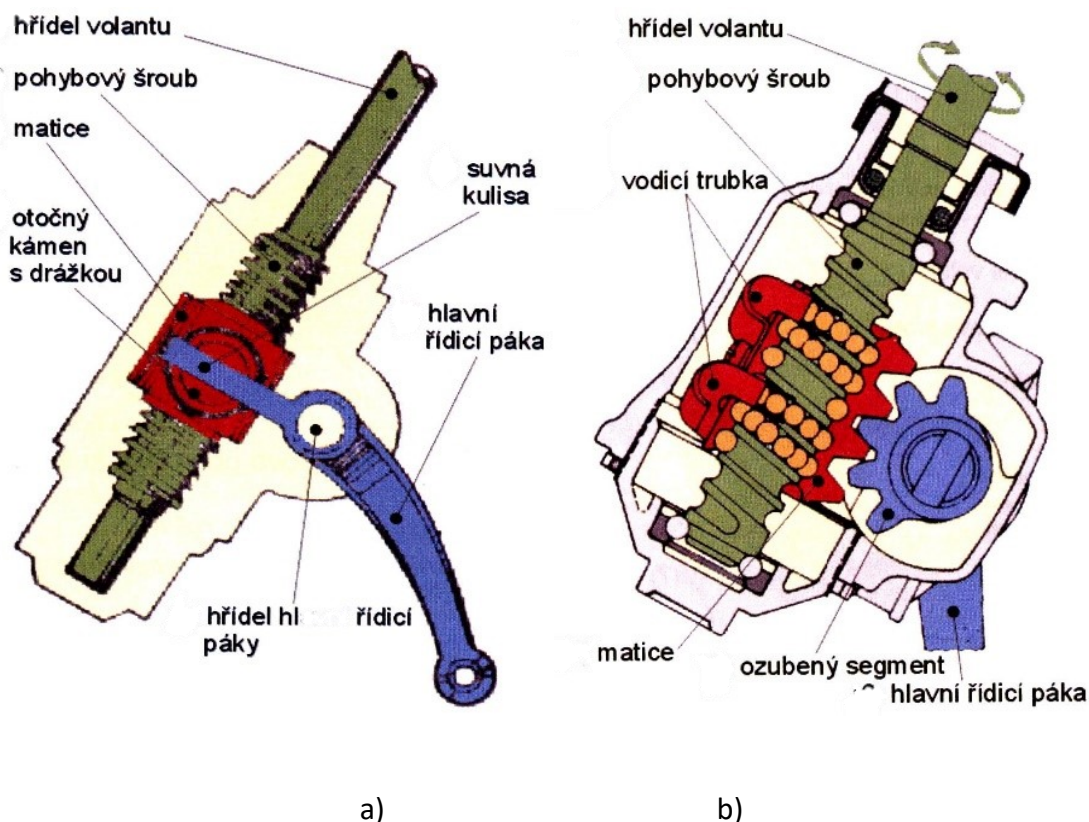
MB1000, nebo u starých vozidel BMW, nebo Mercedesu z 90. let. U osobních vozů se časem přešlo na účinnější hřebenovou převodku řízení.

**a) Klasická konstrukce:**

Šroubový mechanismus přenáší rotační pohyb pomocí závitu na hřídeli volantu na posuvný pohyb matice se suvnou kulisou, která svým pohybem ve směru podélné osy hřídele volantu pohybuje s hlavní řídicí pákou umístěnou na hřídeli hlavní řídicí páky. Výhodami této převodky řízení je přenos velkého silového převodu a nepřenáší rázy do řízení (volantu). Nevýhodou je složitost konstrukce, potřebu seřizování a vznikají velké třecí odpory.

**b) Kuličková konstrukce:**

Funguje na stejném principu, jako klasická maticová převodka řízení. Rozdíl je v obíhajících kuličkách mezi závitem hřídele volantu a maticí, které snižují ztráty způsobené třením a smykové tření se převádí na válivé a tím jsou ztráty menší. Přenos pohybu z matice na hlavní páku řízení je také jiný než u klasické konstrukce a přenáší se pomocí ozubeného segmentu hlavní řídicí páky. [2,3,4,5]



Obr. 3.8 a) Maticová konstrukce b) Maticová kuličková konstrukce

## Šneková převodka řízení:

Převod je velmi přesný, citlivý s vysokou životností a je tvořen soukolím tvořeným šnekem. Tento typ převodky řízení se používá nejčastěji u nákladních vozidel. Šneková převodka řízení má tři základní provedení, které se liší a jedním z problémů co řeší je vznikající tření mezi šnekem a daným komponentem.

### a) Šneková převodka se segmentem:

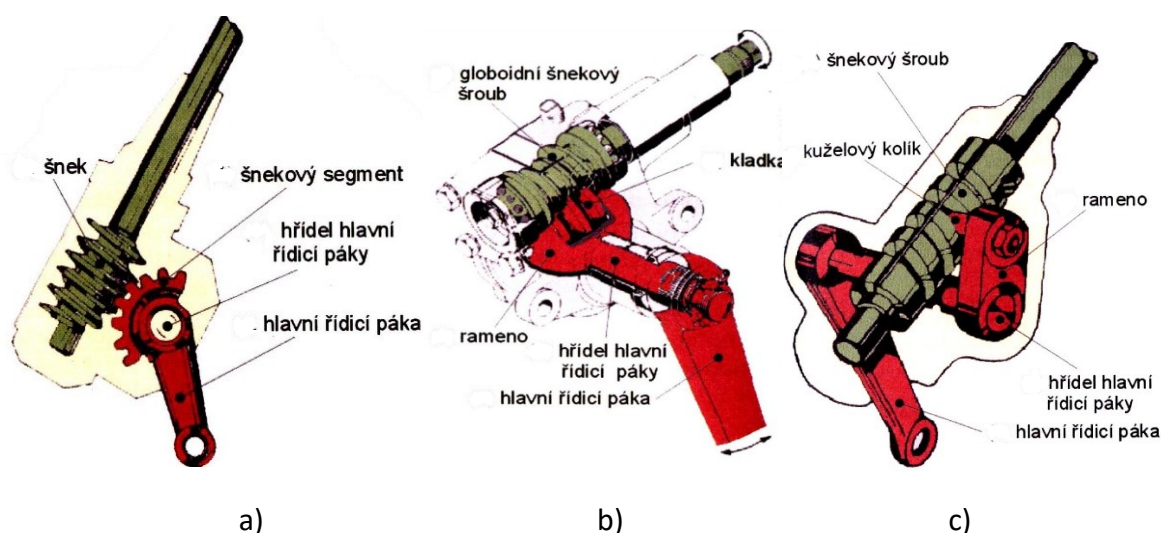
Šnek je spojen s hřídelí volantu, čímž dochází při rotaci k pohybu šnekového segmentu. Šnekový segment je spojen s hlavní řídicí pákou a dochází k natáčení hlavní řídicí páky kolem její hřídele. Dnes již obvykle nepoužívaný typ, kvůli vzniku velkého tření a bývá nahrazován šnekovou převodkou s kladkou/ kolíkem.

### b) Šneková převodka s kladkou:

Kladka uložená ve válivých ložiscích ramene zabírá do globoidního šnekového šroubu. Rameno je spojeno s hřídelem. Vůle v ozubení se vymezuje posunem výstředně uložené kladky do záběru.

### c) Šneková převodka s kolíkem:

Kuželovitý kolík zasahující do lichoběžníkového závitu šnekového šroubu je uložen otočně v oku ramene, které je spojeno s hřídelem hlavní řídicí páky. Axiálním posuvem kolíku do lichoběžníkového závitu šnekového šroubu se vymezují vůle. Některé převodky mohou mít řešení se dvěma kolíky. [2,3,4,5]



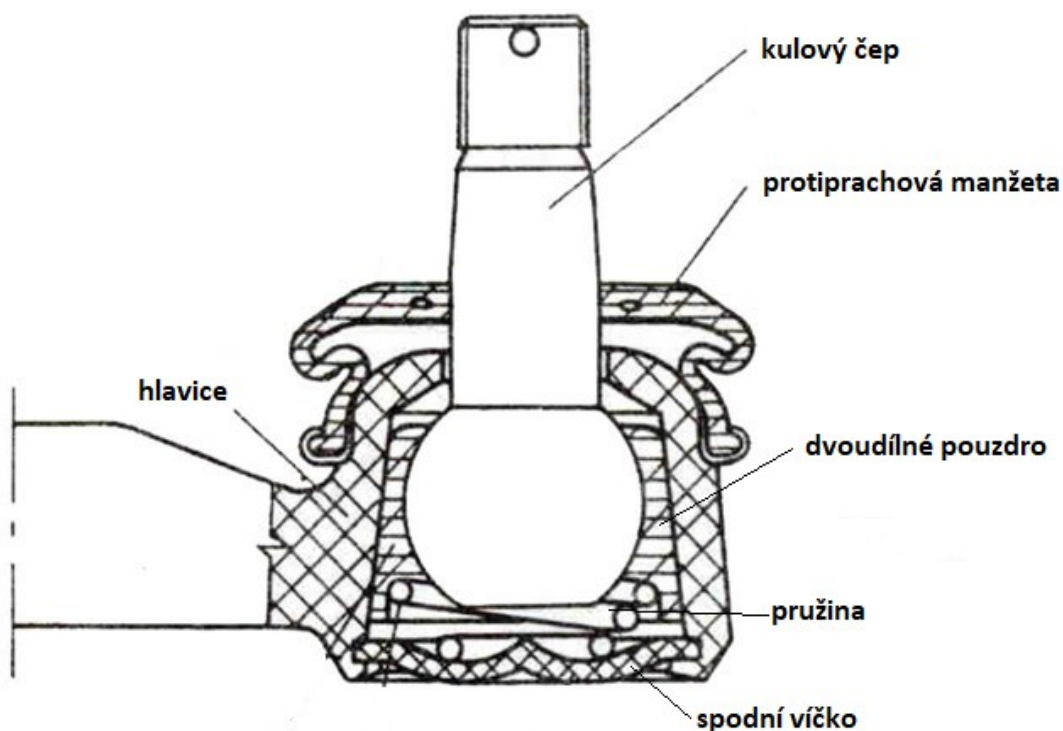
Obr. 3.9 a) Šneková převodka se segmentem b) Šneková převodka s kladkou c) Šneková převodka s kolíkem

### 3.2.2 Spojovací a řídící tyče, klouby řízení

Spojovací a řídící tyče přivádí pohyb hlavní páky řízení na kola. Počet spojovacích, řídících, pomocných pák, kulových kloubů a táhel závisí na typu řízení a převodky řízení. U hřebenové převodky je potřeba například jen dvou kulových čepů a tyč řízení má funkci táhla. Pro to se ve velkém množství využívá právě hřebenového řízení, které je jednodušší, spolehlivější a levnější. Tyče řízení jsou plné, nebo duté tyče, které mají na jednom konci závit pro spojení s kulovým čepem.

Spojovací tyče mají závit na obou stranách, levý a pravý závit, který slouží k jednoduchému nastavení sbíhavosti kol. Táhllo řízení spojuje hlavní a pomocnou páku řízení a má na koncích kulové čepy a při jejím poškození dochází ke změně geometrie.

Klouby řízení přenášejí sílu, ale také zachycují změnu úhlu nastavení a tlumí nárazy a kmity. Kulové čepy můžeme dělit na axiální a radiální, ale i jako rozebíratelné a nerozebíratelné. Rozebíratelné se nachází hlavně u velkých velikosti, například u nákladních vozů. Klouby musí být chráněny před prachem, vodou a únikem maziva, například pryžovou manžetou. [2,3,4,5]



Obr. 3.10 Kulový kloub řízení (nerozbíratelný)



### 3.2.3 Posilovače řízení

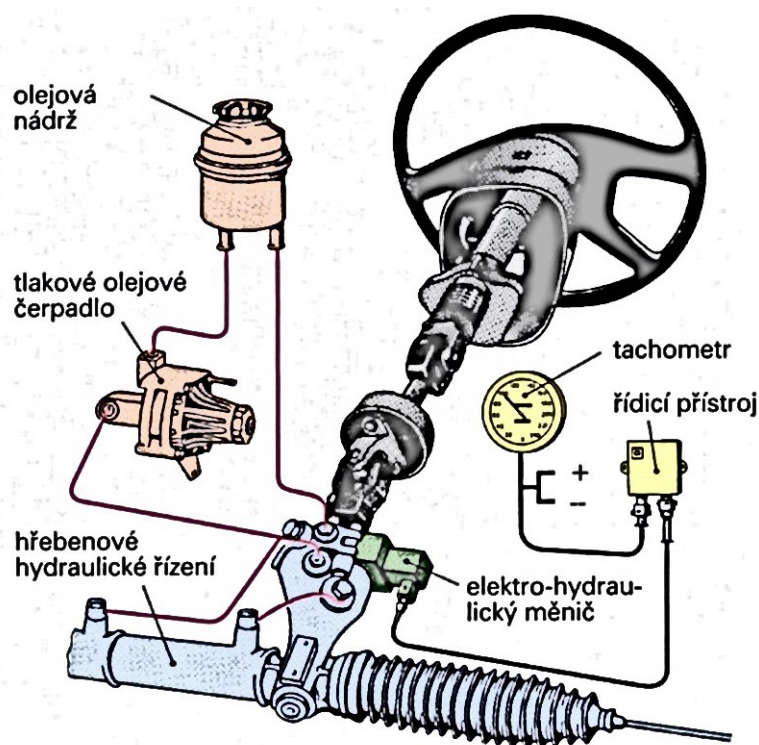
Tato část řízení je velmi důležitá pro pohodlí. Posilovač využívá k posílení ovládací síly nezávislý zdroj energie, který může být pneumatický, hydraulický a elektrický. Posilovač může být samostatná část řízení anebo může být zabudován ve skříni řízení.

#### Hydraulický posilovač řízení:

Posilovač je součástí převodky řízení, která je obohacena dvojčinným pracovním pístem. Píst je ovládaný hydraulickým olejovým čerpadlem, který má svou olejovou nádržku a poháněcím ústrojím je samotný motor vozidla přes daný rozvod. Vyvozením posilující síly dojde k přenastavení řídicího ventilů a přepuštěním oleje dojde k pohybu pístu do daného směru. Při přímé jízdě dochází k přepouštění oleje tak, aby v pracovních komorách pístu vznikl stejný tlak a proud oleje by se měl pohybovat volně zpátky do olejové nádržky. Vytáčením volantu dochází ke zkroucení torzního členu, čímž je ovládána posilující síla.

#### Servotronic:

Hřebenové řízení s elektricky řízeným hydraulickým posilovačem. Pro zajištění pohodlí a bezpečnosti je posilující síla ovlivněná řídicí jednotkou, která snímá rychlost pohybu vozidla. Zvyšující se rychlostí klesá posilující se síla. Principem snižování posilující síly je ovládání elektrohydraulického regulátoru, který je na řídicím ventilu. [2,3,4,5]



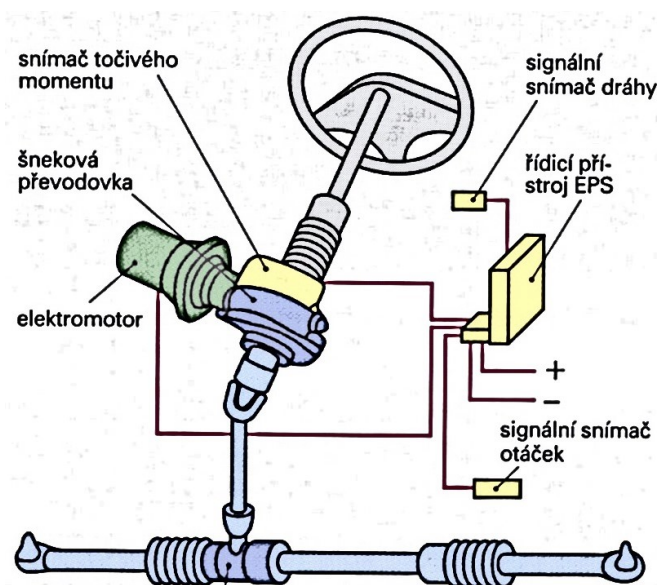
Obr. 3.11 Hřebenový hydraulický posilovač řízení (Servotronic)

### Elektrický posilovač řízení:

Modernizace řízení přišla s elektrickým posilovačem, který není poháněn motorem, ale má vlastní elektromotor. Tento princip se nazývá EPAS (Electrical Power Assisted Steering), nebo EPS (Electric Power Steering). Elektromotor má na výkon a spotřebu dobrý vliv, protože s hydraulickým čerpadlem je stále odebírána část motorového výkonu, i když posilovač řízení nevykonával posilující sílu. Elektromotor tedy nahradil čerpadlo, nádržku, potrubí a pístový dvojitý válec. Posilující sílu vytváří sám elektromotor ovládaný řídicí jednotkou a přenos je uskutečněn šnekovou převodkou z elektromotoru na hřídel volantu.

#### Servolectric:

Hřebenová převodka s přidanou šnekovou převodkou řízení, která přenáší posilující sílu z elektromotoru na hřídel volantu. Řídicí jednotka ovládá elektromotor na základě výpočtu veličin rychlosti pohybu vozu a zjištěného točivého momentu vyvolaného řidičem. Točivý moment je snímán snímačem torzní tyče.



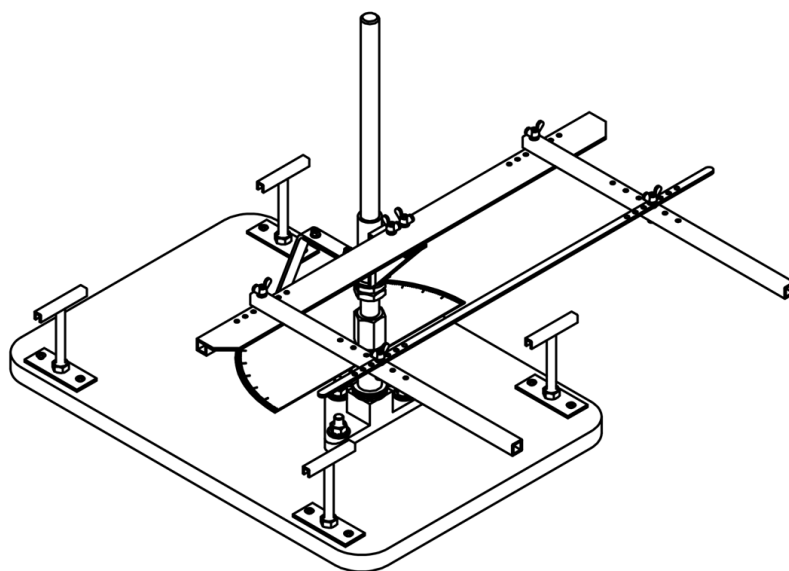
Obr. 3.12 Hřebenový Elektrický posilovač řízení (servolectric)

### 3.2.4 Hřídel volantu

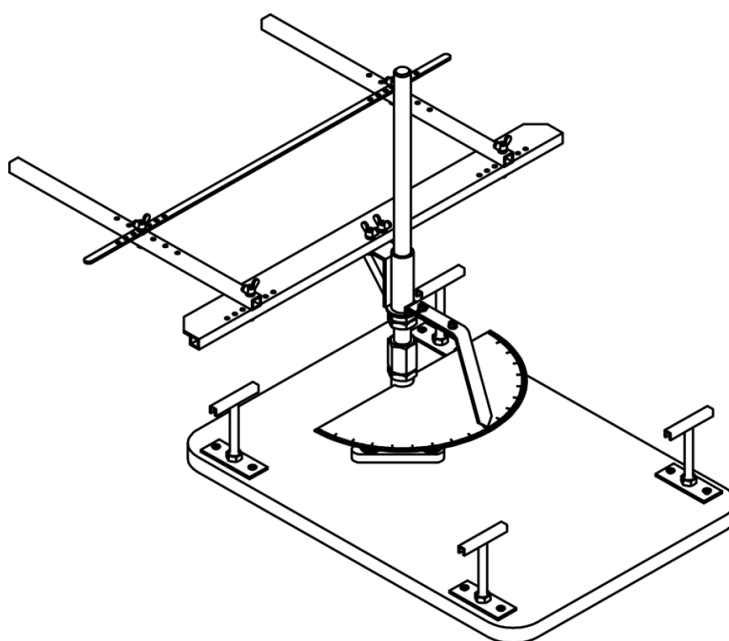
Jednou z důležitých částí řídicího ústrojí je hřídel volantu, který přenáší kroutící moment z volantu do převodky řízení. Podle předpisu musí být vybaven bezpečnostní hřídelí volantu, která nesmí při nárazu se posunout víc jak o 127 mm směrem k řidiči. Bezpečnostní hřídel je cíleně deformovatelná a vybavená střížnými kolíky pro lepší deformační sklopení hřídele. Dalším bezpečnostním prvkem může být teleskopické provedení, které se zasouvá do sebe a tím chrání řidiče. [2,3,4,5]

## 4 Měřicí přístroj

Při měření potřebných hodnot vozidel jsem použil, vlastní vyrobený přístroj, který usnadní a zrychlí proces celého měření. Rychlost měření je důležitá pro osoby, které dané auto propůjčují k měření a nemají dostatek času. Přístroj využívá pohyblivé páky, které jsou uchycené na hlavní liště, z které je poté pomocí ukazovací šipky ukázán daný stupeň na stupnici. Dotyková plocha je pružně přitlačována k boku pneumatiky nebo ráfku a pohybuje se společně s kolem. Ustavení základové desky do vodorovné polohy zajišťují čtyři stavitelné šrouby. Pro ustavení a kontrolu vodorovnosti je deska vybavena vodovážnou bublinou v přední části měřidla.



Obr. 4.1 3D pohled měřícího přístroje



Obr. 4.2 3D Pohled měření přístroje



#### 4.1 Vývoj, výroba a popis měřícího přístroje

Ve vývoji přístroje bylo více konstrukčních návrhů na rychlejší a jednodušší měření, jako například rotační podstavec se stupnicí a jednoramenné pákoví. Zhotovil jsem nakonec dvouramenné měřidlo, které bylo nejdříve zamýšleno pro dotyk ráfků kol, ale po několika uskutečněných pokusech jsem musel kvůli složitosti a rozmanitosti ráfku přejít na přitlačení dřevěné dotykové plochy k pneumatice, pokud není límec ráfků vystouplý. Na Hlavní a pomocné liště jsou vyvrtány díry podle velikostí ráfku kol od třinácti do devatenácti palců, které po předělání dotykových ploch ztratili smysl a jsou nadbytečné. První pokus o změření rejdu kol se uskutečnil na voze VW GOLF IV, který má seřízenou geometrii na podzim 2019 po výměně čepů řízení. První pokus ukázal složitost měření od ráfku. Druhý pokus byl úspěšný po instalaci dotykových ploch na pneumatiku, ale při natáčení kol nedržela přilehlá na celé ploše. Tento problém jsem vyřešil pružnou spojkou mezi ráfkem kola a dotykovou plochou. U vozidel s vyčnívajícím středem ráfků jsem měření neuskutečnil z důvodů malé vzdálenosti dotykových ploch mezi sebou, které byly pro měření brány jako nedostačující.

Celá konstrukce je vytvořená v domácím prostředí z ocelových a dřevěných materiálů. Konstrukce je rozebíratelná na části a snadno přenosná. Hlavní nepohyblivé části jsou spojené za pomoci nerozebíratelného spojení, kromě hlavní lišty s otočnou hlavou. Pohyblivé části jsou spojeny imbusovými šrouby M5 s podložkami na kluzných plochách a spoj je zajištěn kontra a křídélkovou maticí.

Nastavení výšky dotykové plochy zajišťuje rozdělitelný šroubový sloup M20 s kontra maticemi na kterém je nasunutá stupnice a hlavní otočná hlava. Stupnice je pevně zašroubována a zalepená proti pohybu. Hlavní lišta je položena na dvou kontra maticích na které se přestavuje výška hlavní lišty podle velikosti kola. Hlavní otočná hlava má dva výstupy, na jedné straně hlavní lištu a na druhé ukazovací šipku směrem ke stupnici. Celá hlava je svařenec, hlavní lišta a nastavitelná ukazovací šipka jsou spojeny imbusovými šrouby M5 a zajištěny kontra maticí s pružnou podložkou. Základna sloupu je přišroubovaná šroubem M10 k základové desce a je na něj navařen šroub M20, který je spojen hrubou maticí se šroubovým sloupem M20. Pro snadné nastavení rovinatosti základové desky je z jedné strany na ustavovacích šroubech přivařen U-profil k snadnému vytáčení šroubu v přivařené matici na tlustostěnném plechu. Nerozebíratelné spoje byly svařeny za pomoci úhelníků.

Kalibrování měřidla proběhlo proti rovné a vodorovné stěně za vodorovných podmínek. Ramena byli ustaveny do pravého úhlu a stupnice byla vyrovnána do kolmosti ke stěně. Při tomto stavu proběhlo nastavení stavitelné ukazovací šipky na nulu na stupnici. Čitelná stupnice byla vylepšená lupou.

## 4.2 Postup měření a zapsání naměřených hodnot

Analýza dat vychází z na naměřených hodnot, které jsme získali pomocí měřicího přístroje. K obsluze měření je zapotřebí dvou osob, které obsluhují volant při natáčení do maximálního úhlu po 45° a měřicí přístroj při odečítání hodnot ze stupnice. Měřené vozy musí být po technické stránce v dobrém stavu po technické kontrole a geometrii. Měření proběhlo na pevných a rovných plochách. Druhou osobou při měření byl rodinný příslušník, nebo majitel vozu, který byl obeznámen s postupem měření a byl posazen za volant.

**Celý postup měření rozdělen do 4 hlavních kroků:**

### a) Vyrovnání vozu a nanesení úhlů na volant

Vyrovnání vozidla probíhá během měření za pomoci pohybu vozidla, které se posunuje dopředu a dozadu, přičemž se volant drží v základní poloze. Tímto způsobem docílíme srovnání kol do co nejpřímějšího směru. Obvyklá délka pohybu je 1,5 metrů dopředu a dozadu 2- 3krát. Prezентовáno na vozidle na Hondě Prelude páté generace byla délka snížena na 0,8 metrů z důvodu nedostatku místa v garážovém prostoru. Na volant se nalepí papírová snímatelná páska, na kterou se nanese za pomoci vyrobeného přípravku značka uhlů po 45°. Bokem se nanese na palubní desku další bod, který je symetrický se svislou osou volantu. Bod na palubní desce nám slouží, jako nulový bod polohy volantu.

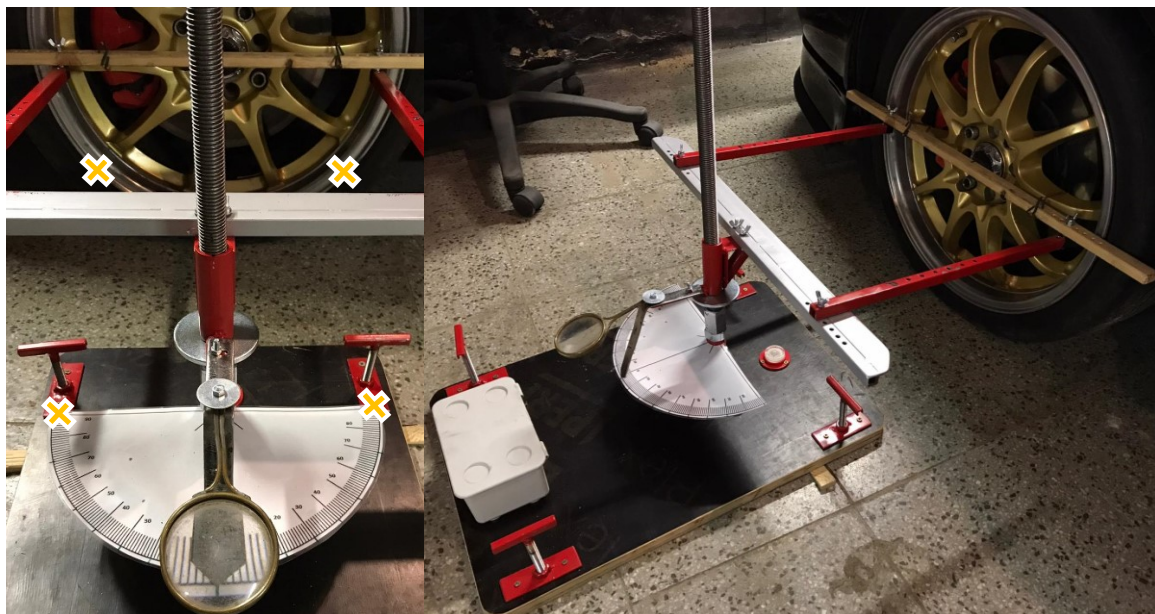


Obr. 4.3 Nanesení úhlů na volant

### b) Ustavení měřicího přístroje

Pro bezpečnost proti poškrábání blatníku karosérie, je důležité zvolit mezi třemi délkami dotykových lišt, které se určují podle velikosti kol a šířky výřezu v blatníku. Měřidlo se poté přiloží dotykovou plochou ke kolu tak, aby střed dotykové plochy se nacházel na středu kola. Pomocí ustavovacích šroubů, které jsou na každém rohu základové desky se celý přístroj ustaví pro přesnější měření do vodorovné polohy za pomoci vodovážné bubliny .

Pákoví se dá do základní polohy (pravoúhlá poloha) pomocí pomocných rysek na hlavní liště. Pomocí metru se odměří vzdálenost krajních bodů stupnice od ráfku kola tak, aby vznikla stejná vzdálenost mezi protilehlými body a na stupnici byla ukazovací šipka na nule.



Obr. 4.4 Ustavení měřícího přístroje

Dotyková lišta je přilehlá na pneumatice, nebo přečnávajícím límcem ráfku, ale abychom zajistili její stálou přilehlost ke kolu i při natáčení kola, musíme lištu upevnit pomocí pružného a přizpůsobivého spojení. Pro tento účel nám postačí obyčejné spotřební gumičky s malými háčky pro spojení nebo upevnění k ráfku. Při měření dochází k vychylování středu lišty od středu kola, čímž dochází i ke změně polohy gumičky, která se musí posunout, aby dotyková lišta zůstala pořád přilehlá ke kolu. Měření se obejde i bez přitlačného prvku, ale poté musí měřící osoba stále kontrolovat zda je dotlačena dotyková lišta ke kolu předtím, než začne odečítat ze stupnice.



Obr. 4.5 Pružné uchycení dotykové lišty ke kolu



### c) Měření

Za pomoci druhé osoby za volantem, začneme s měřením levého, nebo pravého kola. První částí měření je pomalé natáčení volantu do směru na stranu kola, až do doby, kdy se poprvé pootočí kolo. Tím se pokusíme docílit změření vůle řídicího ústrojí vozidla. Po první části začne osoba za volantem natáčet volant do první polohy 45°. Po natočení volantu do daného úhlu druhá osoba odečte ze stupnice daný úhel rejdu. Tento krok provádíme po 45° až do maximálního rejdu kola, kde se změří maximální úhel rejdu a úhel volantu na danou stranu. Celé měření provádíme 3x na levé i pravé kolo. Mezi měřeními ustalujeme vozidlo do přímého směru za pomoci popojíždění dopředu a dozadu při základní poloze volantu. U měření si musíme dávat pozor na správné ustavení a vynulování měřidla pro každý měřený pokus, aby nedošlo ke skreslení výsledků.



Obr. 4.6 Rejd levého kola před maximem Hondy Prelude 5G

### d) Zpracování naměřených hodnot:

Při měření se hodnoty zapisují do vypracované tabulky Excelu, společně s informacemi a parametry o vozidle. Z palubních budíků vozu je opsán přesný kilometrový nájezd, které vozidlo ujelo od své výroby. Nájezd u starších vozidel je pouze předpokládáný, z důvodů možného přetočení nájezdu na nižší hodnotu, který v tomto případě nezjistíme. Z malého technického průkazu se opisují základní informace a parametry vozu, jako je například značka, obchodní označení a motorizace společně s výkonem vozidla. Dále se zapisuje o jakou hnanou nápravu vozidla se jedná, velikost kol v palcích a na jakém místě bylo

uskutečněno měření. Rozvor a rozchod se zapisuje z internetové stránky [www.cars-data.com](http://www.cars-data.com), kde nalezneme většinu obecných parametrů vybraného vozidla.

Všechny tyto naměřené hodnoty a specifikace vozů se zpracují do souboru Excelu, který lze nalézt v přílohách bakalářské práce. Naměřené hodnoty se poté aritmeticky zprůměrují. Tyto data budou dále sloužit k analýze a porovnání vozidel a jejich kategorií mezi sebou.

### 4.3 Kontrola měřidla a tabulka naměřených hodnot

Kontrola měření proběhla za pomoci obyčejné desky, tužky a velkého úhloměru. Na zem byly nakreslené čáry, které byly obkreslené po hraně desky o velikosti kola. Tyto čáry se poté úhloměrem změřily a byly porovnány s naměřenými hodnotami za pomoci měřidla. Z tohoto opakovaného měření, byla vyvozená maximální tolerance přístroje. U měření byly zapisují hodnoty pouze na půl stupně a měřící osoba podle stupnice zaokrouhluje odečet k nejbližší hodnotě. Toleranci přístroje také omezuje správné ustavení vozu do nulové polohy a přesností natočení volantu druhou osobou. Pro další vyzkoušení přesnosti byly měřící osoby vyměněny a výsledky měření byly průměrně stejné.

Tab. 2 Naměřené hodnoty a specifikace vozidla:

|                                 |                  |       |                     |       |                                   |       |       |       |       |      |
|---------------------------------|------------------|-------|---------------------|-------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|
| Vozidlo:                        | Honda Prelude 5G |       | Pohon:              |       | 2,2 typeR, 156 KW                 |       |       |       |       |      |
| Rok:                            | 1998             |       | Nájezd (km):        |       | 136623                            |       |       |       |       |      |
| Hnací náprava:                  | Přední           |       | Velikost disků kol: |       | 17"                               |       |       |       |       |      |
| Kategorizace:                   | Coupe            |       | Místo měření:       |       | Rovná plocha v garážovém prostoru |       |       |       |       |      |
| Rozvor:                         | 2585 mm          |       | Rozchod:            |       | 1525 – 1515 mm                    |       |       |       |       |      |
| Vůle řídicího ústrojí:          |                  |       | 5°                  |       |                                   |       |       |       |       |      |
| Pravé kolo                      |                  |       |                     |       |                                   |       |       |       | Max   |      |
| Natočení volantu / Rejd vozidla |                  | 45°   | 90°                 | 135°  | 180°                              | 225°  | 270°  | 315°  | 360°  | 520° |
| 1. měření                       | 1. otočení       | 2°    | 4,5°                | 7°    | 10°                               | 12,5° | 15°   | 18,5° | 21°   | 34°  |
|                                 | 2. otočení       | 24°   | 28°                 | 31°   |                                   |       |       |       |       |      |
| 2. měření                       | 1. otočení       | 2°    | 5°                  | 7,5°  | 10°                               | 13°   | 15,5° | 19°   | 21,5° | 34°  |
|                                 | 2. otočení       | 24,5° | 28°                 | 31,5° |                                   |       |       |       |       |      |
| 3. měření                       | 1. otočení       | 2°    | 4,5°                | 7°    | 10°                               | 12,5° | 15°   | 18,5° | 21°   | 34°  |
|                                 | 2. otočení       | 24°   | 28°                 | 31°   |                                   |       |       |       |       |      |
| Aritmetický průměr              |                  | 2,0°  | 4,7°                | 7,2°  | 10°                               | 12,7° | 15,2° | 18,7° | 21,2° | 34°  |
|                                 |                  | 24,2° | 28°                 | 31,2° |                                   |       |       |       |       |      |
| Levé kolo                       |                  |       |                     |       |                                   |       |       |       | Max   |      |
| Natočení volantu / Rejd vozidla |                  | 45°   | 90°                 | 135°  | 180°                              | 225°  | 270°  | 315°  | 360°  | 520° |
| 1. měření                       | 1. otočení       | 2°    | 4,5°                | 7°    | 10°                               | 12,5° | 15°   | 18,5° | 21°   | 33°  |
|                                 | 2. otočení       | 24°   | 28°                 | 31°   |                                   |       |       |       |       |      |
| 2. měření                       | 1. otočení       | 2°    | 4,5°                | 7°    | 10°                               | 12,5° | 15°   | 18,5° | 21°   | 33°  |
|                                 | 2. otočení       | 24°   | 27,5°               | 31°   |                                   |       |       |       |       |      |
| 3. měření                       | 1. otočení       | 2°    | 4,5°                | 7,5°  | 10°                               | 12,5° | 15°   | 18,5° | 21°   | 33°  |
|                                 | 2. otočení       | 24°   | 27,5°               | 31°   |                                   |       |       |       |       |      |
| Aritmetický průměr              |                  | 2°    | 4,5°                | 7,2°  | 10°                               | 12,5° | 15°   | 18,5° | 21°   | 33°  |
|                                 |                  | 24°   | 27,7°               | 31°   |                                   |       |       |       |       |      |

## 5 Analýza

Z naměřených hodnot byl jeden z účelů analýzy určit procento proměnlivých a stálých převodek řízení. Po pokusech zjistit přesně o jakou převodku řízení se jedná, byly naměřené hodnoty vyhodnoceny, jako nedostačující. Vhodným měřením by bylo zpřesnění měření úhlu natočení kol. Pro zvýšení počtu měřených hodnot by bylo vyhovující zmenšit úhel pootáčení volantu z 45° na 10°. Ze zvýšeného počtu naměřených hodnot by mělo být již dostačující pro určení proměnlivosti převodky řízení, avšak geometrii vozidla můžou ovlivňovat i jiné aspekty. Z tohoto důvodu jsem z této analýzy ustoupil a provedl následující.

Pro analýzu a porovnání naměřených hodnot budu využívat úhlový převodový poměr, který lze vyjádřit pomocí úhlu natočení volantu a úhlu rejdu řízeného kola. Pro kategorii M1 se obvykle pohybuje úhlový převodový poměr mezi 10° – 20°. [8]

$$i_{\omega} = \frac{\text{úhel volantu}}{\text{úhel rejdu}} [1^{\circ}]$$

Využijeme také

### 5.1 Porovnání generací vozidel Škoda Octavia

Ze seznamu měřených vozidel jsem si vybral pro měření generace vozidel Škoda Octavia, která je typickým a oblíbeným vozidlem v České republice. Do analýzy nezahrnuji nejstarší model Octavie z roku 1959. Na jaře roku 2020 vyšla nová čtvrtá generace Škody Octavie, která nebyla dosažitelná k měření a proto analýza je provedená jen s daty, které lze získat z oficiálních zdrojů Škody Auto. Všechny měřené vozy jsou kategorií Combi.

Tab. 3 Specifikace vozidla

|                  | Rozvor (mm) | Průměr otáčení (m) |
|------------------|-------------|--------------------|
| Škoda Octavia 1g | 2512        | 10,8               |
| Škoda Octavia 2g | 2578        | 10,2               |
| Škoda Octavia 3g | 2686        | 10,4               |
| Škoda Octavia 4g | 2686        | 10,6               |

Z výše uvedené tabulky č.3 lze vyčíst první rozdíly. Uvedené hodnoty v tabulce jsou oficiálně dostupné ze specifikace vozidel. Rozvor se napříč třemi generacemi zvyšuje, ale z uvedených specifikací třetí a čtvrté generace už je rozchod identický. Mezi první a druhou generací došlo k zvětšení rozvoru o 66 milimetrů a mezi druhou a třetí o 108 milimetrů. Průměr otáčení karosérie je podobný v rozmezí 600 milimetrů a lze vidět, že nejnovější generace se s průměrem otáčení blíží zpátky k první generaci.

Tab. 4 Naměření hodnoty vozidel

|                  | Max. rejď<br>LK | Max. úhel volantu<br>při 2. otáčce | Max. rejď<br>PK | Max. úhel volantu<br>při 2. otáčce |
|------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Škoda Octavia 1g | 36,5°           | 190°                               | 36,3°           | 195°                               |
| Škoda Octavia 2g | 36,7°           | 170°                               | 36,5°           | 170°                               |
| Škoda Octavia 3g | 37°             | 135°                               | 36,3°           | 130°                               |

V tabulce č.4 lze vidět rozdíly generací mezi maximálním rejdem levého a pravého kola, které se přibližně pohybuje v rozmezí půl stupně. Výsledné hodnoty maximálního rejdu jsou průměrem ze tří měření každého kola. Dále lze z měření vyčíst rozdíl zmenšení úhlu natočení volantu, kdy se úhel volantu o dvě generace zmenšil více jak o osminu otáčky.

Tab. 5 Úhlový převodový poměr

|                  | Max. $i_w$ - LK | Max. $i_w$ - PK |
|------------------|-----------------|-----------------|
| Škoda Octavia 1g | 15,1            | 15,3            |
| Škoda Octavia 2g | 14,4            | 14,5            |
| Škoda Octavia 3g | 13,4            | 13,5            |

Výsledným podílem maximálního úhlu natočení volantu a kola jsem spočetl maximální úhlový převodový poměr. Z tabulky č.5 můžeme vidět postupně klesání úhlového převodového poměru směrem k novým generacím.

## 5.2 Speciální zjištění z měřených hodnot vozidel

### Porovnání vozidel BMW 3- série:

Během měření byla zjištěna odchylka u vozidla BMW 3 - série (E46) 330CD, kde je razantní změna v řízení. Při vytočení do levého rejdu byl oproti pravému rejdu rozdíl na pohled viditelně vyšší. Po vizuální kontrole bylo provedeno měření. Měření ukázalo levý maximální rejď o 11° větší než pravý. Kvůli této odchylce jsem porovnal další stejný sedan z podobného roku, jen s jinou motorizací. V tabulce č.5 lze vidět, že druhé měřené BMW má velikost úhlů rejdu a volantu téměř stejný na obou předních kolech. Závadný vůz vytáčí volant v protisměru hodinových ručiček o 130° více než při směru hodinových ručiček. Vizuální prohlídka pod vozem ukázala jen rozdílné délky nezašroubovaného závitu na axiální tyči řízení, kde na levé straně řízení byl závit méně zašroubován do kulového čepu než na straně pravé. Rozdíl mezi délkami závitů dělalo 6 stoupání. Odchylka v řízení však neovlivňuje jízdu vozidla v provozu. Dle majitele při jízdě na sněžném povrchu šlo poznat zvýšení ovladatelnosti vozidla při jízdě do pravotočivé zatáčky při smyku a u vjezdu do levotočivé

zatáčky docházelo k přetáčivosti vozidla. U sportovních vozidel, kde dochází ke kontrolovatelnému smyku, se řídicí ústrojí upravuje pro větší rejď z důvodů ovladatelnosti a přesnosti řízení. V tomto případě je potřeba vytočit rejď do opačné strany než je směr zatáčení tak, aby nedošlo k přetočení vozidla a případné havárii.

Tab. 6 Porovnání závadného a dobrého vozu v sedanu a dobrého vozu v coupe

|                    | Max.<br>rejď LK | Max. úhel volantu<br>při 2. otáčce | Max.<br>rejď PK | Max. úhel volantu<br>při 2. otáčce |
|--------------------|-----------------|------------------------------------|-----------------|------------------------------------|
| Sedan - chybný vůz | 46°             | 320°                               | 35°             | 190°                               |
| Sedan - dobrý vůz  | 39°             | 230°                               | 39,3°           | 230°                               |
| Coupe - dobrý vůz  | 37,7°           | 165°                               | 37,5°           | 165°                               |

Pro porovnání vozů BMW E46 jsem změřil kategorii sedan i coupe. Ze specifikací získaných z internetového serveru jsem u obou vozů zjistil stejný průměr otáčení karosérie 10,5 metrů. Velikost rozvoru 2725 milimetrů je stejná u sedanu i coupe, až na coupe M3, které má rozvor 2731 milimetrů. Po porovnání kategorií BMW jsem zjistil rozdílnost velikostí úhlů kola a volantu. Model coupe má nižší úhel natočení o necelé 2° a úhel natočení volantu o 65° menší. Z naměřených hodnot jsem vypočítal průměr natočení vnějšího kola. Sedan opíše kružnici vnějšího kola na průměr 8,63 metrů a coupe na průměr 8,93 metrů. Za předpokladu, že velikost přední části sedanu i coupe je skoro stejná, je poté průměr otáčení karosérie nechápavý. Z hledání specifikací dat po mnoha prošlých serverech, byly hodnoty poloměru otáčení nalezeny jen na jednom serveru, kde tvrdili o stejné velikosti poloměru otáčení u obou kategorií. Z tabulky č.7 lze vidět rozdíl mezi kategorií sedanu a coupe, kde coupe má poměr menší než sedan. Ale u sedanu BMW s odchylkou můžeme vidět výrazné a rozdílné poměry na každém kole.

Tab. 7 Úhlový převodový poměr porovnávaných vozidel BMW e46

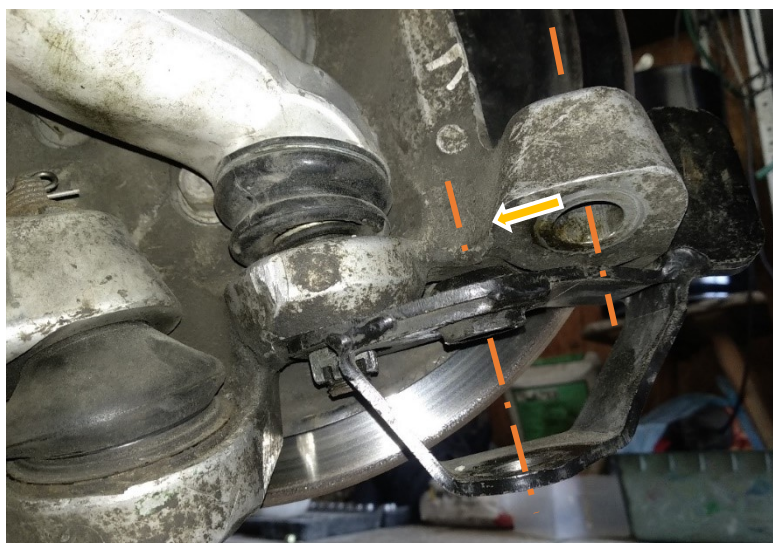
|                     | $i_{\omega} - LK$ | $i_{\omega} - PK$ |
|---------------------|-------------------|-------------------|
| Sedan – chybný stav | 14,8              | 15,7              |
| Sedan - dobrý stav  | 15,1              | 15,0              |
| Coupe - dobrý stav  | 13,9              | 14,0              |

### Porovnání vozidel Nissan 350Z:

Pro řešení úpravy velikostí rejdu kola jsem změřil dvě identická vozidla Nissan 350Z. První vozidlo má sériové řízení, ale druhé má namontovanou přídatnou konstrukci uchycenou na těhlici a upravené dorazy řízení. Tato konstrukce zapříčiní posun osy kulového čepu směrem k rejďové ose (obr. 5.1). Následkem zmenšení páky mezi těmito osami dojde k změně úhlovému převodovému poměru. Tato konstrukce, také nahradila kulový čep



kyvným ložiskem, které je na rozdíl od kulového čepu chyceno na těhlici lícovaným šroubem. Auto je využito pro sportovní účely.



Obr. 5.1 Přídavná konstrukce pro úpravu úhlového převodového poměru



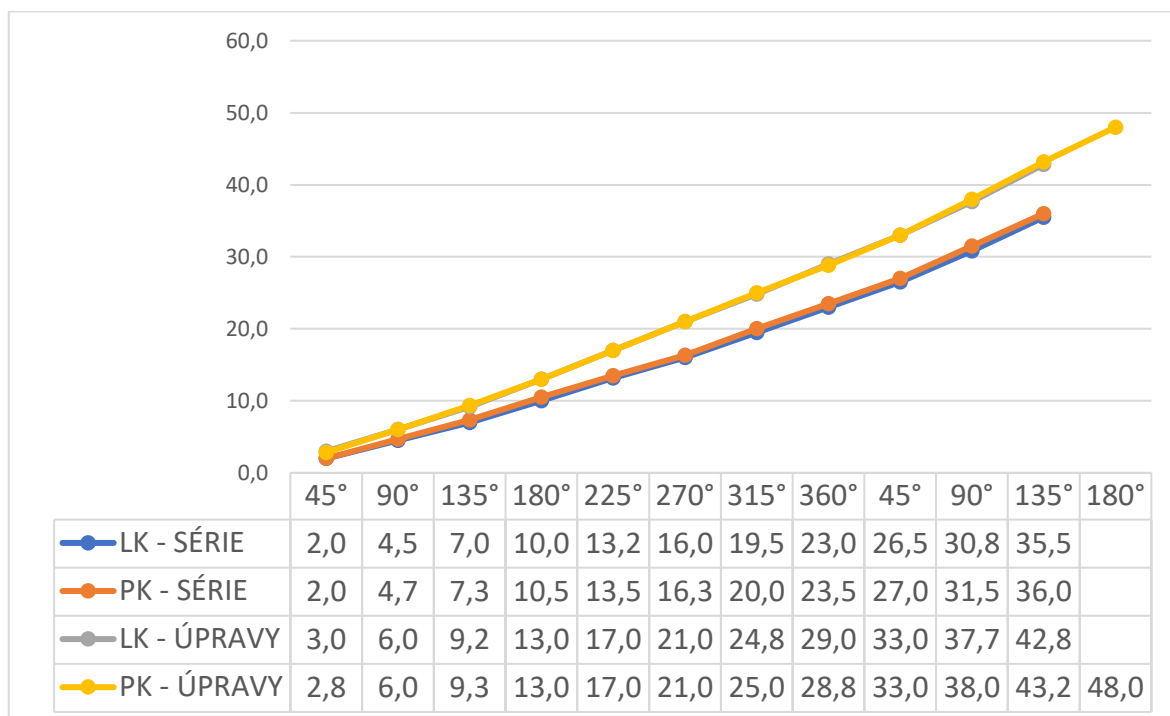
Obr. 5.2 Přídavná konstrukce s kyvným ložiskem

V níže uvedené tabulce č. 8 můžeme vidět změnu úhlového převodu řízení po instalaci přídavné konstrukce. Majitel upraveného vozidla se svěřil s chováním vozidla po instalaci. Vozidlo je nyní ovladatelnější, přesnost a tuhost řízení se pozitivně zlepšila. Ale nevýhodou u této úpravy je větší odezva na nerovnosti vozovky, které se projevují na trhání volantu a změně směru jízdy. Řidič tedy musí být více soustředěný na jízdu s vozidlem. Z toho to důvodu se snižuje pocit komfortu na úkor zlepšení ovladatelnosti vozidla.

Tab. 8 Úhlový převodový poměr porovnávaných vozidel Nissan 350Z

|                 | $i_{\omega} - LK$ | $i_{\omega} - PK$ |
|-----------------|-------------------|-------------------|
| Sériové řízení  | 13,9              | 13,8              |
| Upravené řízení | 11,6              | 11,3              |

Graf 1 Porovnání úhlu rejdu kola s úhlem natočení volantu sériového a upraveného vozidla



V grafu č. 1 lze vidět změnu upraveného vozidla s nižším úhlovým převodovým poměrem, který je od prvního natočení volantu jiný než sériový poměr. Díky změně tohoto převodového poměru se změnila velikost úhlu rejdu kola na stejný úhel natočení volantu. Úhel natočení volantu se však nemění a zůstává stejný, jako u sériového poměru.

### 5.3 Srovnání vozidel podle kategorie

V této části bych rád porovnal vozidla podle kategorie. Kategorie jsem rozdělil do pěti skupin. Z každé skupiny je sledováno pět vozidel, až na kategorii SUV, kde jsem během „koronaviru“ stihl změřit pouze čtyři vozidla. V tabulce č.9 lze vidět velikost průměrné hodnoty maximálního úhlu rejdu z každé kategorie. Úhel rejdu je uveden na každé kolo zvlášť a poté je vyhotoven průměr z obou řízených kol. Bylo vyhotovené pořadí, všech průměrných úhlů rejdu. Průměrné hodnoty pořadí ukázaly na největší úhly rejdu u kategorie MPV a poté u kategorie coupe. Nejhorší rejdy má kategorie hatchback.

Tab. 9 Porovnání průměrných úhlů rejdu mezi kategoriemi

|            | Prům. max. úhel rejdu LK a PK |        |       |        | Prům. max. úhel rejdu |        | Prům. pořadí |
|------------|-------------------------------|--------|-------|--------|-----------------------|--------|--------------|
|            | LK                            | Pořadí | PK    | Pořadí | Max rejdu             | Pořadí |              |
| COUPE      | 36,3°                         | 3      | 36,4° | 2      | 36,4°                 | 2      | 2,3          |
| HATCHBACK  | 34,3°                         | 4      | 34,2° | 5      | 34,2°                 | 5      | 4,7          |
| MPV        | 37,0°                         | 1      | 37,2° | 1      | 37,1°                 | 1      | 1            |
| SUV        | 34,0°                         | 5      | 34,8° | 4      | 34,4°                 | 4      | 4,3          |
| SEDA/COMBI | 36,4°                         | 2      | 36,2° | 3      | 36,3°                 | 3      | 2,7          |

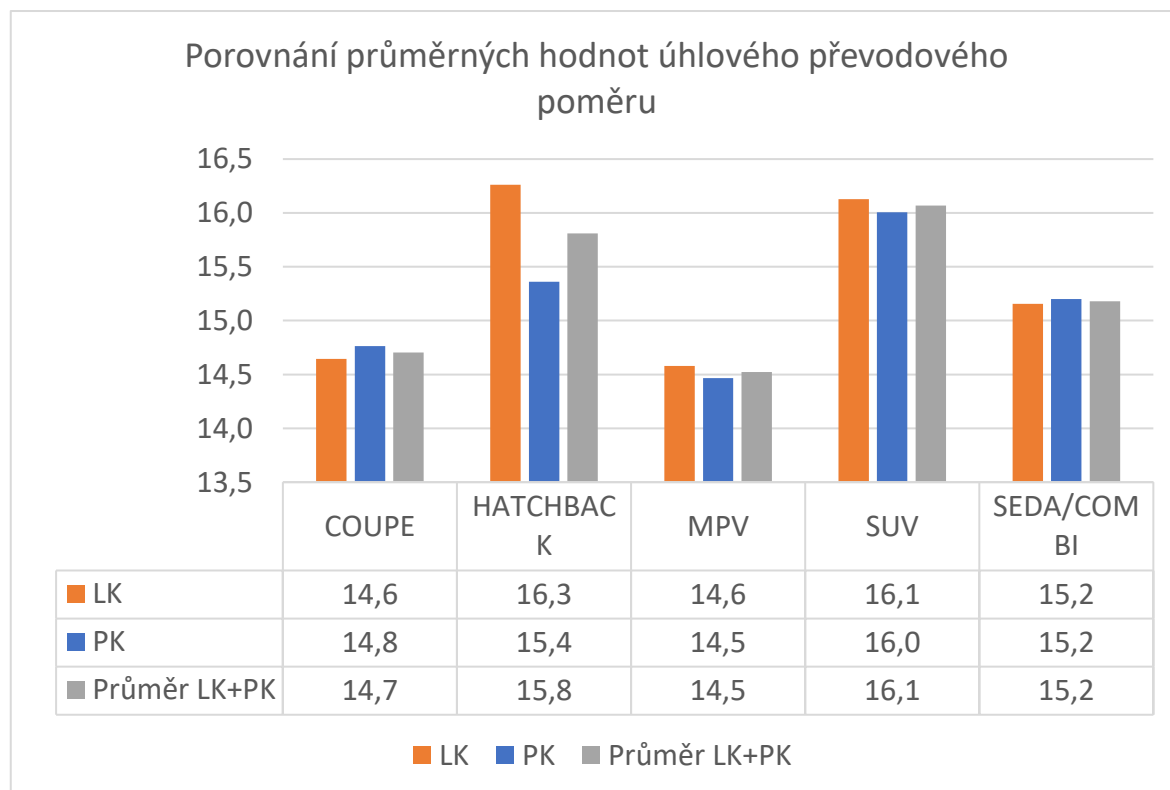
Dále jsou sledovány průměry otáčení dle kategorií vozidel. Průměr otáčení se uvádí, jako kruh, který opíše nejvzdálenější bod karosérie od středu kruhu. Z tohoto důvodu velikost rejdu vozidla není jediná věc, která ovlivňuje průměr otáčení. Průměr otáčení ztelně ovlivňuje rozvor a velikost předního převisu. Z tabulky č. 10 lze tedy vidět, že velikost rozvoru ovlivňuje velikost průměru otáčení. Menší vozidla s menším rozvorem mají tedy v průměru menší průměr otáčení než vozy s větším rozvorem, ale závisí na kombinaci s úhlem rejdu kola.

Tab. 10 Porovnání průměrných hodnot rozvoru a průměru otáčení

|            | Rozvor (mm) | Pořadí | Průměr otáčení (m) | Pořadí | Prům. pořadí |
|------------|-------------|--------|--------------------|--------|--------------|
| COUPE      | 2694,2      | 4      | 11,02              | 4      | 4            |
| HATCHBACK  | 2471,9      | 1      | 10,01              | 1      | 1            |
| MPV        | 2710,3      | 5      | 11,20              | 5      | 5            |
| SUV        | 2681,3      | 3      | 10,98              | 3      | 3            |
| SEDA/COMBI | 2620,2      | 2      | 10,60              | 2      | 2            |

V grafu č.2 lze srovnat průměrné hodnoty úhlového převodového poměru, kde kategorie MPV a coupe mají nejnižší poměr. Nejvyšší poměr má kategorie SUV. Průměr pořadí je průměrem pořadí získaných z vypočtených úhlových převodových poměru na levé a přední kolo a jejich následný průměr.

Graf. 2 Porovnání průměrných hodnot úhlového převodového poměru



## 6 Závěr

Pro zajištění cílů této bakalářské práce jsem zhotovil funkční měřicí přístroj, který uskutečnil má měření, z kterých jsem uskutečnil svou analýzu. Počet měření byl sice menší než minimální myšlený počet, za to se však objevili vedlejší možnosti k analýze.

Vývoj řady vozidel Škoda Octavie ukázal směr, kterým se vyvíjí. S novějšími generacemi úhlový převodový poměr klesá a má tendenci při maximálním vytočení zmenšovat převodové poměry, tak aby při větším rejdu se úhel rejdu kola zvyšoval více při menším úhlu natočení volantu. Pomocí starších příruček pro seřízení starých modelů Škody z minulého století lze i vidět větší převodový poměr než je vidět dnes.

U vozidla BMW 3- série se za pomoci měření našla odchylka, která ukázala na velkou změnu v průměru otáčení vozidla do levého i pravého směru, kde do levého směru vykreslí vnější kolo kruh s průměrem 7,6 metrů a do pravého směru 9,5 metrů. Zachovalý identický vůz má přitom průměr otáčení vnějšího kola 8,6 metrů. Na tomto průměru lze vidět rozdíl, jak ovlivňuje úhel rejdu průměr otáčení. Srovnání kategorie sedan a coupe ukázali rozdílnost úhlového převodového poměru, i když průměr otáčení zjištěný na webových stránkách, je stejný u obou kategorií.

U vozidla Nissan 350Z bylo ukázáno, jak lze upravit úhlový převodový poměr pro zvětšení úhlu rejdu kola a zvýšit ovladatelnost a citlivost vozidla. Samozřejmě tato úprava nese i nevýhody, jako je větší míra opotřebení řídicího ústrojí kvůli vzniklému většímu namáhání a přenosu vibrací z nerovnosti na silnici do volantu, čímž se samozřejmě snižuje komfort. Ale pokud se tato změna v řízení provádí, tak jen za účelným důvodem, kde je majitel vozidla tyto nevýhody schopen přehlédnout na úkor výhod.

Porovnání kategorií ukázalo spojitost mezi úhlem rejdu a rozvorem, kde nezáleží pouze na velikosti úhlu rejdu vozidla, ale na jejich vzájemné kombinaci. Kategorie MPV má průměrně největší úhel rejdu, ale velikostí vnějšího obrysového poloměru otáčení má z kategorií nejhorší, kvůli velkému rozvoru. Průměr otáčení také souvisí s předním převisem karosérie, kde průměr otáčení opisuje nejvzdálenější vnější bod karosérie od středu kruhu.

Naměřené hodnoty, získané specifikace vozidel, seznam měřených vozidel lze nalézt v přílohách tabulkového procesoru Excelu (příloha č.1). Excel obsahuje všechny použité hodnoty v bakalářské práci společně s vypočtenými a analyzovanými hodnotami. Dále lze v přílohách nalézt výkres sestavy mého měřidla vytvořeného pro tuto závěrečnou práci (příloha č.2).

## Seznam zdrojů

- [1] Mario René Cedrych Škoda Felicie, Favorit, Forman, Pick-up. Obsah knihy autorizovala ŠKODA, a. a. s.
- [2] Příručka pro automechanika, Rol Gscheidle a kolektiv, 2007
- [3] Ing. Zdeněk Jan, Ing. Bronislav Ždánský, Automobily 1 – Podvozky, 2006
- [4] Příručka pro řidiče a opraváře automobilů, díl 1 – Podvozek motorového vozidla, Karel Horejš, Vladimír Motejl a kolektiv, 2008
- [5] Automobilová technická příručka, František Vlk, 2003
- [6] Dynamika motorových vozidel, František Vlk, 2000
- [7] EHK předpisy, vyhláška 70/311/EHS\*1999/7/ES
- [8] Skripta Silniční vozidla II, Ing. Michal Richtář, Ph.D., Ing. Jakub Šmirus, Ph.D, 2018

### Fotografie a obrázky

- [3.1.a] Autor neznámý. Ackermannová geometrie řízení. Příručka pro automechanika, Rol Gscheidle a kolektiv, 2007
- [3.1.b] Autor neznámý. Skutečná geometrie řízení. Příručka pro automechanika, Rol Gscheidle a kolektiv, 2007
- [3.2] Autor neznámý, Poloměr rejdu, [www.spszengrova.cz](http://www.spszengrova.cz)
- [3.3] Autor neznámý, úhel odklonu vozidla, [www.spszengrova.cz](http://www.spszengrova.cz)
- [3.4] Autor neznámý, Příklop rejdové osy, [www.spszengrova.cz](http://www.spszengrova.cz)
- [3.5] Autor neznámý, Záklon rejdové osy, [www.autolexicon.net](http://www.autolexicon.net)
- [3.6] Autor neznámý, Úhel sbíhavosti a rozbíhavosti, [www.autoslužbykriz.cz](http://www.autoslužbykriz.cz)
- [3.7] Autor neznámý. Hřebenová převodka řízení. Ing. Jaromír Stejskalík Učební text Střední odborné školy automobilní, mechanizace a podnikání, Krnov.
- [3.8.a] Autor neznámý. Maticová převodka řízení, Ing. Jaromír Stejskalík Učební text Střední odborné školy automobilní, mechanizace a podnikání, Krnov.
- [3.8.b] Autor neznámý. Maticová kuličková převodka řízení, Ing. Jaromír Stejskalík Učební text Střední odborné školy automobilní, mechanizace a podnikání, Krnov.
- [3.9.a] Autor neznámý. Šneková převodka řízení se segmentem, Kniha Automobily 1 – Podvozky, Ing. Zdeněk Jan, Ing. Bronislav Ždánský, 2006
- [3.9.b] Autor neznámý. Šneková převodka řízení s kladkou, Kniha Automobily 1 – Podvozky, Ing. Zdeněk Jan, Ing. Bronislav Ždánský, 2006
- [3.9.c] Autor neznámý. Šneková převodka řízení s kolíkem, Kniha Automobily 1 – Podvozky, Ing. Zdeněk Jan, Ing. Bronislav Ždánský, 2006
- [3.10] Autor neznámý, Kulový čep, [apm.cz](http://apm.cz)

- [3.11] Autor neznámý, Servotronic, [www.eluc.kr-olomoucky.cz](http://www.eluc.kr-olomoucky.cz)
- [3.12] Autor neznámý, Servoelectric, [www.eluc.kr-olomoucky.cz](http://www.eluc.kr-olomoucky.cz)
- [4.1] Jiří Mikuda, 3D pohled měřicího přístroje, 2020
- [4.2] Jiří Mikuda, 3D pohled měřicího přístroje, 2020
- [4.3] Jiří Mikuda, Nanesení úhlu na volant, 2020
- [4.4] Jiří Mikuda, Ustavení měřicího přístroje, 2020
- [4.5] Jiří Mikuda, Pružné uchycení dotykové lišty ke kolu, 2020
- [4.6] Jiří Mikuda, Rejd levého kola před maximem Hondy Prelude 5G, 2020
- [5.1] Jiří Mikuda, Přídavná konstrukce pro úpravu úhlového převodového poměru, 2020
- [5.2] Jiří Mikuda, Přídavná konstrukce s kyvným ložiskem, 2020

#### **Internetové portály**

- [1] [www.cars-data.com](http://www.cars-data.com)
- [2] [www.katalog-automobilu.cz](http://www.katalog-automobilu.cz)
- [3] [www.auta.cz](http://www.auta.cz)
- [4] [www.auto.okhelp.cz](http://www.auto.okhelp.cz)
- [5] [www.octaviacub.cz](http://www.octaviacub.cz)

#### **Seznam tabulek**

- [1] Parametry mechanismu řízení při bezporuchovém a poruchovém stavu, příloha č.1
- [2] Naměřené hodnoty a specifikace vozidla, příloha č.1, 2020
- [3] Specifikace vozidla Škody Octavia, příloha č.1, 2020
- [4] Naměření hodnoty vozidel, příloha č.1, 2020
- [5] Úhlový převodový poměr, příloha č.1, 2020
- [6] Porovnání závadného a dobrého vozu v sedanu a dobrého vozu v coupe, příloha č.1
- [7] Úhlový převodový poměr porovnávaných vozidel BMW e46, příloha č.1, 2020
- [8] Úhlový převodový poměr porovnávaných vozidel Nissan 350Z, příloha č.1, 2020
- [9] Porovnání průměrných úhlů rejdů mezi kategoriemi, příloha č.1, 2020
- [10] Porovnání průměrných hodnot rozvoru a průměru otáčení, příloha č.1, 2020

#### **Seznam použitých grafů z Excelu**

- [1] Porovnání úhlu rejdu kola s úhlem natočení volantu sériového a upraveného vozidla, příloha č.1, 2020
- [2] Porovnání průměrných hodnot úhlového převodového poměru, příloha č.1, 2020